



HAL
open science

**QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS
NOUVEAUX ”proposition d’une méthode de
fiabilisation du processus de management de
l’information”**

Rémy Gauthier

► **To cite this version:**

Rémy Gauthier. QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX ”proposition d’une méthode de fiabilisation du processus de management de l’information”. Sciences de l’ingénieur [physics]. Ecole nationale supérieure d’arts et métiers - ENSAM, 1995. Français. NNT: . tel-00005718

HAL Id: tel-00005718

<https://theses.hal.science/tel-00005718>

Submitted on 8 Jul 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 : 1995.33

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Centre de Paris

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

DE

L' ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET MÉTIERS

Spécialité : GÉNIE INDUSTRIEL

PAR

Rémy GAUTIER

**QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX
"Proposition d'une méthode de fiabilisation
du processus de management de l'information"**

Soutenue le 8 décembre 1995, devant le jury d'examen :

Mme	C. GUIDAT, Professeur, ENSGSI de Nancy	<i>Rapporteur</i>
MM.	A. BARREAU, Professeur, ISTIA d'Angers	<i>Rapporteur</i>
	G. GAUTHERIN, Professeur	<i>Examineur</i>
	Y. BERTRAND, Président de l'I.S.D.F.....	<i>Examineur</i>
	J.Y. MOALIC, Responsable Qualité Ariane IV, CNES.....	<i>Examineur</i>
	R. DUCHAMP, Professeur	<i>Directeur de thèse</i>
	P. TRUCHOT, Maître de Conférence	<i>Examineur</i>

L'ENSAM est un Grand Etablissement composé de sept centres :
AIX-EN-PROVENCE - ANGERS - BORDEAUX - CHÂLONS-SUR-MARNE - CLUNY - LILLE - PARIS

- REMERCIEMENTS -

Ce travail est le résultat d'une recherche développée au Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers). Il a été réalisé avec la collaboration de diverses entreprises telles que le Centre d'Etudes du Bouchet, les entreprises du Groupement d'intérêt de recherche S.I.R., B-MARLY.

Je remercie Monsieur le Professeur Guy GAUTHERIN, Directeur Général de l'ENSAM, de m'avoir permis de mener cette action de recherche dans son établissement et d'avoir accepté de participer au jury de thèse.

Je remercie Monsieur le Professeur Robert DUCHAMP, Responsable du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux et Directeur de ce travail, pour m'avoir fait confiance, alors que j'étais jeune ingénieur, en me confiant la responsabilité de projets industriels d'envergure. Ils ont grandement contribué à ma formation pratique d'ingénieur. C'est aussi lui qui m'a convaincu de prolonger mes réflexions par un travail de recherche, auquel j'ai pris goût et qui oriente aujourd'hui ma vie professionnelle vers l'enseignement et la recherche. Qu'il soit assuré de ma plus profonde reconnaissance.

Je remercie Madame le Professeur Claudine GUIDAT, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes Industriels de l'INPL de NANCY, pour l'intérêt qu'elle a manifesté pour mon travail, pour ses conseils, et pour avoir accepté de juger ce travail en tant que rapporteur.

Je remercie Monsieur le Professeur Alain BARREAU, du Centre de Recherche en Qualité et Sécurité de Fonctionnement de l'ISTIA d'ANGERS, pour son aide et ses encouragements. Je lui suis reconnaissant d'avoir accepté d'être rapporteur de ce travail.

Je remercie Monsieur Yves BERTRAND, Ingénieur Général de l'Armement, Président de l'Institut de Sécurité de Fonctionnement, d'avoir accepté d'être examinateur de ce travail. J'ai beaucoup appris pendant l'année passée dans son service Qualité et Méthode de la D.G.A., alors que j'étais jeune ingénieur ignorant tout de la Qualité.

Je remercie Monsieur Jean Yves MOALIC, Responsable Qualité du lanceur Ariane IV, au CNES. Sa collaboration active et chaleureuse à l'animation du Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, à l'ENSAM, me donne toujours, depuis dix ans, le goût pour la Qualité. Je lui suis reconnaissant d'avoir accepté d'être examinateur de ce travail.

Je remercie Monsieur Patrick TRUCHOT, Maître de conférence du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM, pour son aide, son enthousiasme réconfortant et sa générosité de cœur et d'esprit. Je lui suis reconnaissant d'avoir accepté d'être examinateur de ce travail.

Je remercie chacun des membres de l'équipe du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM, et tout particulièrement Améziane AOUSSAT et Marc LE COQ pour leur amitié, leur aide et leur soutien.

Je remercie chacun des membres du secrétariat du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux et tout particulièrement Monsieur Bernard AUBAGUE, pour leur disponibilité et leur soutien logistique.

Je remercie tous ceux de l'ENSAM, des différentes entreprises, de la SERAM, qui de près ou de loin ont contribué à ce que ce travail se fasse.

Merci enfin à Claudine, mon épouse, à Maxime et Lysa, mes enfants, pour leur amour et leur compréhension.

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

1ère PARTIE : INTRODUCTION - PROBLEMATIQUE

LA QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX :

« du contrôle de la définition du produit ...

à la maîtrise du processus de conception »

1. INTRODUCTION - L'INNOVATION : UNE ACTIVITE SOURCE DE PROBLEMATIQUES POUR LA RECHERCHE EN GENIE INDUSTRIEL	15
1.1. Innover : une volonté stratégique de prise de risques	16
1.2. Etudier l'innovation : des approches variées	19
1.3. L'innovation : une activité source de problématiques pour la recherche en génie industriel	20
2. CONCEVOIR DES PRODUITS NOUVEAUX : UNE ACTIVITE COMPLEXE	24
2.1. L'activité de conception de produit industriel : définition	25
2.2. L'activité de conception : caractéristiques générales	27
2.3. Modélisations d'un produit	28
2.3.1. L'approche composants	29
2.3.2. L'approche fonctionnelle	29
2.4. Définition d'un produit nouveau	33
2.5. Les démarches de conception de produit nouveau	37
2.5.1. Les démarches « Cartésiennes » : linéaires, séquentielles.	37
2.5.2. Les démarches systémiques : simultanété et globalité.	38
2.5.3. La démarche CPN-ENSAM : une démarche « prescriptible ».	40
2.6. Méthodes et outils de la conception de produits nouveaux	44
3. CONCEVOIR DES PRODUITS NOUVEAUX : UNE ACTIVITE QUI SE GERE	45
3.1. Définition de la gestion de projet	46
3.2. Gestion de projet : méthodes et outils	46
3.2.1. Gérer les tâches : l'Organigramme technique	46
3.2.2. Gérer le temps : la planification	49
A. Planning de GANTT	50
B. planification par réseaux	51
(a) Méthode PERT : Program Evaluation and Review Technic	51
(b) Méthode des potentiels	52
(c) Planning aléatoire.	53
3.2.3. Gérer les moyens : les plans de charges	54
3.2.4. Gérer les coûts	55
3.2.5. Le "cost-control"	57

4. CONCEVOIR POUR LE CLIENT, DANS L'INTERET DE L'ENTREPRISE : UNE EXIGENCE DE QUALITE	58
4.1. La qualité : une définition normalisée	60
4.2. La qualité : histoire d'une pratique industrielle	62
4.2.1. Du contrôle du résultat...	62
4.2.2. ... à la maîtrise du processus	65
4.3. L'assurance qualité en conception : des référentiels normalisés pour donner confiance, tout en restant créatif.	66
4.4. La qualité par la prévention, le retour d'expérience et la transmission du savoir-faire	68
5. UNE RESPONSABILITE DE CHEF DE PROJET : LE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET	68
5.1. Définitions du risque	69
5.2. Le management des risques projet	70
5.2.1. L'identification	71
5.2.2. L'évaluation	74
5.2.3. La classification	74
5.2.4. Le traitement	74
5.3. Conclusion	75
6. LA PROBLEMATIQUE - "MANAGER LA QUALITE D'UN PROCESSUS COMPLEXE, A RISQUE : LA CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX "	76
6.1. De la nécessité d'une démarche qualité en Conception de Produits Nouveaux	76
6.2. Qualité et Conception de Produits Nouveaux : les possibilités de synergie.	77
6.3. La problématique de notre recherche : "qualité en Conception de Produits Nouveaux : la maîtrise du processus par la maîtrise des risques"	80
7. HYPOTHESES ET DEMARCHE DE RECHERCHE.	81

2 ème PARTIE :

MODELISATION THEORIQUE ET EXPERIMENTALE

du processus

de conception de produits nouveaux

8. CARACTERISATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX	87
8.1. Analyse fonctionnelle du système d'innovation de l'entreprise	89
8.2. Décomposition du système d'Innovation en sous-systèmes :	94
8.3. Analyse fonctionnelle du sous-système de conception de produits nouveaux	95
8.4. Conclusion	96
9. DE L'IMPORTANCE DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION DANS LE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET	97
9.1. Théorie de l'information et de la communication : généralités	97
9.2. Qualités des informations	101
9.3. Définition d'un système d'information	102
9.4. Le traitement de l'information	103
9.5. Les pathologies des systèmes d'information	105
10. SYNERGIE ENTRE QUALITE ET GESTION DE PROJET : VALIDATION EXPERIMENTALE	106
10.1. Critères de choix des projets pour validation	106
10.2. Le projet NMA	109
10.2.1. Un projet ambitieux dans un environnement complexe	109
10.2.2. La qualité : une approche globale du management de projet	110
10.2.3. La gestion des risques projet : coûts, délais, performances techniques	116
10.2.4. La gestion des risques dans le cadre d'un réseau client-fournisseur : importance de la communication et de l'information	121
10.2.5. Conclusion sur le projet NMA	125
10.3. Le projet SIR	129
10.3.1. Les différents domaines de complexité	129
10.3.2. Une structure originale de circulation de l'information : le Groupement de Recherche	133
10.3.3. Le management du projet SIR	134
10.3.4. Apport des Méthodes Qualité dans le projet SIR	138
10.3.5. Conclusion sur le projet SIR	139
11. CONCLUSION.	141
11.1. Définition d'un modèle de processus de Conception de Produits Nouveaux	141
11.2. La prise en compte implicite des risques projet comme facteur caché de définition de scénarios	142
11.3. Nécessité de fiabiliser le processus de management de l'information en Conception de Produits Nouveaux	143

3 ème PARTIE :

PROPOSITION D'UNE METHODE DE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET

SYNTHESE ET CONCLUSION

12. ETUDE DES METHODES DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES INDUSTRIELS (SDF)	147
12.1. SDF : Historique	148
12.2. SDF : Concepts	148
12.3. SDF : Démarches	149
12.4. Les méthodes pour la maîtrise des risques et l'analyse des défaillances	150
12.4.1. L'Analyse Préliminaire de Risque (A.P.R.)	151
12.4.2. HAZOP	151
12.4.3. L'A.M.D.E.C.	152
A. Objectif	152
B. Démarche	152
C. Avantages de l'A.M.D.E.C.	153
D. Limites de l'A.M.D.E.C.	154
12.4.4. L'Analyse par Arbre de Défaillances	154
A. Objectif	154
B. Démarche	154
C. Avantages	157
D. Limites	157
12.4.5. Analyse par les Réseaux de Petri	157
A. Objectif	157
B. Démarche	157
C. Avantages	158
D. limites	159
12.5. Conclusion : choix des méthodes transposables à notre application	159
13. PROPOSITION D'UNE METHODE DE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET : L'A.D.I.P.	160
13.1. Démarche préventive	160
13.2. Démarche corrective	163
13.3. PROPOSITION d'un concept d'AMDEC PROJET	163
13.3.1. A.M.D.E.C. des Fonctions (Processeurs)	164
13.3.2. Définition des fonctions de traitement d'information	164
13.3.3. Modes de défaillance	167
13.3.4. Recherche des causes :	168
13.3.5. Recherche des effets :	168
13.3.6. Criticité	168
A. Définition	168
B. Principe de la notation	169
C. Appréciation de la criticité	170
13.4. Exemple d'application de L'A.M.D.E.C. projet à un modèle générique	172
13.4.1. Analyse fonctionnelle du processus de traitement d'information d'un modèle générique	172
13.4.2. A.M.D.E.C. du Modèle générique (extrait)	174

14. APPLICATION DE LA METHODE SUR DES CAS INDUSTRIELS	175
14.1. Projet B.MARLY	175
14.1.1. Analyse prévisionnelle des risques	175
14.1.2. Démarche corrective des risques	186
14.1.3. Conclusion du projet B-MARLY.	193
14.2. Projet SRP : Simulateur Interactif de Gestion des Risques Projet	195
14.2.1. Analyse prévisionnelle des risques	195
14.2.2. Conclusion sur le projet SRP	205
15. CONCLUSION SUR LA "METHODE DE GESTION DES RISQUES PROJET" PROPOSEE	206
15.1. Champ d'application	206
15.2. Apport de la méthode	207
15.2.1. Démarche préventive et corrective	207
15.2.2. Outil de communication	207
15.2.3. Participation à la démarche Qualité	207
15.3. Limites de la méthode	208
15.3.1. Limites liées au type de management de projet	208
15.3.2. Limites liées au niveau d'expertise des évaluateurs, dans le cadre d'un travail de groupe	208
15.3.3. Limites liées aux concepts d'A.P.R. et d'A.M.D.E.C.	209
15.3.4. Limites liées à une approche empirique	209
15.3.5. Importance du dossier d'accompagnement	210
15.3.6. Lourdeur d'un traitement manuel sous forme papier	210
16. PERSPECTIVES DE RECHERCHES	211
17. CONCLUSION GENERALE	212

INTRODUCTION GENERALE

1. LE CHAMP DE LA PROBLEMATIQUE : LA CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX ; DU CONTROLE DE LA DEFINITION DU PRODUIT A LA MAITRISE DU PROCESSUS DE CONCEPTION

La conception de produits nouveaux est une activité complexe qui consiste à traduire une perception de besoins latents ou/et exprimés, en un produit support de services, pour des utilisateurs identifiés. Quand elles sont associées à ces activités de conception, les démarches qualité contribuent à assurer que le produit résultant aura un ensemble de caractéristiques lui conférant l'aptitude à satisfaire les besoins de ces utilisateurs.

L'histoire de la qualité est liée à celle de l'industrie. Longtemps limitée aux fonctions de production, la qualité est devenue, depuis une dizaine d'années, une fonction s'intégrant dans une vision systémique de l'entreprise. La mise en place de démarches Qualité dans l'industrie s'intéresse progressivement aux activités amont de la production, en particulier aux activités de conception de produits nouveaux. Cette mutation s'accompagne de profonds changements de méthodes de travail et d'organisation des entreprises. Dès lors, les concepteurs de produits nouveaux ont ressenti le besoin d'outils, de méthodes, de démarches Qualité, adaptés à leurs besoins.

Notre travail de recherche nous a amené à appréhender les activités de conception de produits nouveaux en tant que processus complexes, à risques. Nous avons émis l'hypothèse qu'une démarche basée sur une évaluation préventive et curative des dysfonctionnements, pouvait contribuer à en maîtriser la qualité. Nous avons réalisé une modélisation du processus de conception de produits nouveaux basée sur une analyse fonctionnelle du système d'innovation des entreprises industrielles. Cette analyse nous a permis de mettre en évidence l'aspect principal de la fonction "management de l'information" dans le management des risques projet.

L'apport de la qualité et, parallèlement, le manque de méthode de management des risques au niveau du management de l'information, sont mis en évidence sur des projets industriels. Ce manque nous a amené à proposer une méthode de fiabilisation du processus de Conception de Produits Nouveaux, issue des méthodes Qualité. Cette méthode est orientée vers la maîtrise des dysfonctionnements du processus de management de l'information.

2. OBJECTIF

L'objectif de ce travail de recherche est d'apporter des éléments de réponses concrètes à cette attente de fiabilisation du processus de conception de produits nouveaux au niveau du management de l'information.

Il est proposé une méthode générale, appelée A.D.I.P.¹ mettant en oeuvre des outils extrapolés des techniques de Sûreté de Fonctionnement, et que nous avons appelé A.P.R. Projet² et A.M.D.E.C. Projet³.

Le sujet étant vaste, ce travail n'a pas la prétention d'aborder le sujet dans toutes ses dimensions. Il a pour objet essentiel et plus limité, de définir des axes de recherches aux perspectives de développement que nous espérons nombreuses⁴.

3. DEMARCHE

Notre recherche s'appuie sur un travail de terrain mené pendant dix années en gestion de projet industriel d'une part, et d'autre part, en enseignement de la qualité pour des ingénieurs.

Notre démarche de recherche comprend trois parties :

1. Dans une *première partie*, nous définissons une problématique liée à l'application des démarches Qualité en Conception de Produits Nouveaux : ces démarches Qualité, issues de la production, peuvent-elles permettre de mieux maîtriser ce processus complexe et risqué qu'est la Conception de Produits Nouveaux ? Nous émettrons l'hypothèse que ces démarches peuvent être complémentaires aux techniques de gestion de projet, en

¹ Analyse des Dysfonctionnements de l'Information Projet.

² Analyse Préliminaire des Risques Projet.

³ Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets, et de leur Criticité.

⁴ Dans le cadre, en particulier, de deux thèses de doctorat en convention CIFRE, avec deux entreprises industrielles, commencées en décembre 1993.

distinguant deux aspects du problème : la gestion des ressources (humaines, matérielles, financières, de délais) et le management de l'information.

2. La deuxième partie nous permettra de valider cette hypothèse sur des cas concrets de projets industriels. Nous en tirons des conclusions sur les limites de la démarche du point de vue de la maîtrise des risques projet.
3. Nous concluons, en troisième partie, en proposant une méthode originale de management des risques projet, participant à la maîtrise du processus de Conception de Produits Nouveaux et orientée vers le management de l'information.

4. *CONTEXTE DES TRAVAUX*

Cette recherche a été menée dans le cadre du laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM. Elle s'est nourrie de nombreuses études de conception de produits nouveaux et de management de projets réalisés dans le cadre de contrats industriels, de projets de fin d'études d'élèves ingénieurs et de DEA. Elle est également le fruit de dix années d'animation et d'enseignement de la qualité dans le cadre du « Mastère spécialisé en Management de la Qualité », du « Mastère Spécialisé en Management de la Maintenance », du « DEA Conception de Produits Nouveaux », et de l'Unité de Valeur « Management de la Qualité » de l'année terminale du cycle ingénieur de l'ENSAM.

5. *STRUCTURE DU DOCUMENT DE THESE*

Ce document est articulé selon trois grandes parties.

- *dans la première partie* nous présentons le contexte global de notre intervention : il s'agit du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM. Ce laboratoire a des missions d'enseignement et de recherches appliquées qui sont réalisées en étroite relation avec l'industrie.

Nous présentons l'activité de conception de produits nouveaux comme étant un processus complexe, mettant en oeuvre des démarches, des méthodes et outils divers. Dans ce contexte, les risques de dysfonctionnement du processus de conception sont importants. La gestion de ces risques fait partie de la mission d'un chef de projet. Mais nous verrons que les modes

d'évaluation des dysfonctionnements du processus de conception et de leurs conséquences sont peu développés ce qui constitue un frein à l'innovation.

Les conséquences de ces dysfonctionnements se traduisent par le non-respects d'objectifs de coût, de délais, et de qualité.

C'est précisément à ces exigences de qualité que les chefs de projets et les équipes de conception de produits nouveaux ont de plus en plus à répondre. Ceci se fait dans le cadre de la mise en place soit de "système d'assurance Qualité", de type ISO 9001 par exemple, soit de plans d'actions qualité généralisés à toutes les fonctions de l'entreprise sous l'appellation de "Qualité Totale".

Cette problématique nous amènera à poser l'hypothèse que la mise en place de la qualité en conception doit passer, à l'image de la qualité en production, du concept de contrôle du résultat (la définition du produit) à la maîtrise du processus (le management du projet). Nous proposons donc de modéliser ce processus de manière à comprendre et à agir sur ses dysfonctionnements.

Dans la *deuxième partie* du document, appelée "*Modélisation Théorique et Expérimentale du Processus de Conception de Produits Nouveaux*", nous modélisons ce processus par la technique de l'Analyse Fonctionnelle. Ce modèle de processus est ensuite validé sur plusieurs projets de conception de Produits Nouveaux que nous avons dirigés dans le cadre de nos activités dans le laboratoire "CPN" de l'ENSAM.

Nous présentons deux de ces projets que nous avons estimés exemplaires, à divers titres, de la démarche "Qualité" appliquée au développement d'un Produit Nouveau.

Le triplet produit/projet/environnement est très différent dans chacun de ces cas :

* environnements :

- programme militaire pour le masque de protection NBC.
- Groupement d'Intérêt de Recherche pour le SIR.

* produit :

- de grande série, mono-technologie très pointue, pour le masque,
- logiciel pour le SIR

* projet :

- fortes contraintes de performances technologiques et ergonomiques pour le masque de protection NBC.
- diversité des cultures et des intérêts de chaque partenaire pour le SIR.

Ces expérimentations décrivent la complexité de la gestion de projet. Elles nous permettent de faire ressortir les aspects moteurs de la qualité dans le management du triplet "produit / projet / environnement" ainsi que les manques et les améliorations possibles de la démarche en matière de maîtrise des risques. Elles démontrent en particulier, la nécessité de maîtriser l'information tout au long du cycle de vie d'un produit et les manques en la matière. Cette analyse nous permet de proposer en *troisième partie* un concept nouveau de management des risques projet, comprenant une méthode globale de management de l'information et des outils que nous avons appelé "A.P.R. Projet" et "A.M.D.E.C. Projet". Nous définissons ce concept, son champ d'application, ses méthodes et outils, ses avantages et ses limites. Nous envisageons enfin des axes de recherches pour développer cette méthode.

1 ère PARTIE

INTRODUCTION - PROBLEMATIQUE

:

« QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX :

du contrôle de la définition du produit ...

à la maîtrise du processus de conception »

« Les petits problèmes sont difficiles à voir, mais faciles à résoudre ; laissez les se développer, ils deviendront faciles à voir, mais très difficiles à corriger » (le Prince, 1532)

1^{ère} PARTIE : INTRODUCTION - PROBLEMATIQUE

« LA QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX : du contrôle de la définition du produit ... à la maîtrise du processus de conception »

1. INTRODUCTION - L'INNOVATION : UNE ACTIVITE SOURCE DE PROBLEMATIQUES POUR LA RECHERCHE EN GENIE INDUSTRIEL

Notre intervention se situe dans le cadre d'une recherche action à caractère exploratoire, au sein du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM. Ce laboratoire appartient au département Génie Industriel et Production de l'ENSAM. Il couvre trois domaines d'activité :

- La formation initiale en dernière année du cycle ingénieur de l'ENSAM.
- Les formations supérieures dans le cadre d'une filière doctorale en conception de produits nouveaux (DEA et Thèses) et de deux Mastères Spécialisés (Management de la Qualité et Management de la Maintenance).
- L'assistance technique aux entreprises dans le cadre de développement de produits nouveaux.

Nos activités d'enseignant chercheur au sein de ce laboratoire nous ont amené à considérer que l'Innovation est une stratégie des entreprises industrielles mettant en oeuvre de multiples techniques et nécessitant une ouverture vers les besoins des clients. Ces besoins et les solutions permettant de les satisfaire n'étant généralement pas stables dans le temps, l'innovation est donc une activité soumise à aléas. La mise en place de démarches qualité issues de la production vers les activités de conception de produit amène les concepteurs et chefs de projets à justifier leurs méthodes de travail par rapport aux exigences de bien faire du premier coup. Cette opposition entre la nature intrinsèquement risquée de la conception de

produits nouveaux et les exigences des démarches qualité définit le champ de notre problématique. L'analyse épistémologique de la Qualité nous permettra de formuler l'hypothèse que la qualité en conception ne peut se limiter à des activités de contrôle des résultats mais doit être analysée de manière préventive sous l'angle des défaillances. Pour cela, la Conception de Produits Nouveaux doit être considérée comme un processus pouvant être modélisé car « nous raisonnons toujours sur des modèles »⁵. « Modéliser pour comprendre » [LE MOIGNE (1991)] pour prévoir et pour agir sur la réalité dont nous nous sommes fait une représentation. Comme le précisent CHVIDCHENKO et CHEVALLIER (1994) « le mot "prévision" est associé à l'idée d'incertitude et d'aléatoire : "aléatoire" veut dire soumis aux "aléas", c'est à dire à des actions extérieures non prévisibles ; prévoir un événement n'est donc pas assurer qu'il surviendra. La notion de prudence attachée au mot prévision est d'autant plus valable pour les projets qu'ils comportent une large part de nouveauté et de découverte ». Comme tout processus, l'activité de conception est soumise à des défaillances. L'objet de cette recherche est donc défini en prenant comme hypothèse que ces défaillances sont, au moins en partie, prévisibles et gérables ; sous réserve de disposer d'un modèle de représentation du processus de Conception de Produits Nouveaux. Nous validerons cette hypothèse dans notre troisième partie, dans le cadre de notre proposition de méthode de fiabilisation du processus de Conception de Produits Nouveaux. Cette méthode sera appliquée à des cas réels de projet de Conception de Produits Nouveaux. Nous proposerons auparavant, dans notre deuxième partie, un modèle de ce processus, issu d'une analyse fonctionnelle du système d'innovation de l'entreprise. Cette analyse sera confortée par l'analyse de cas réels de gestion de projets industriels.

Dans un premier temps, cette partie introductive situe l'enjeu de l'innovation en tant que volonté stratégique de prise de risques, qui peut être l'objet de recherches selon des approches variées. De cette diversité, nous présentons les éléments qui nous ont amené à élaborer la problématique de notre recherche.

1.1. Innover : une volonté stratégique de prise de risques

Selon MILLER (1985), *"l'innovation est un processus intra et inter-organisationnel par lequel l'entreprise améliore sa position économique par rapport à son environnement de marché grâce à l'application de développements de procédés et de produits"*. Il ajoute que *"ces développements comportent un risque et sont qualitativement nouveaux par rapport à la*

⁵ [VALERY (1992)]

technologie existante (...)". H. HEYVAERT (1973) précise que "l'innovation est un processus délibéré de réduction de l'incertitude comportant un risque technique (au moins subjectif) et visant à l'introduction dans l'entreprise de nouvelles pratiques constituant par rapport à sa fonction de production antérieure une rupture qualitative ou quantitative". Cette définition nous semble trop restrictive et, en accord avec RIGNY (1967), nous pensons qu'en plus des risques techniques, il existe des risques commerciaux, financiers, de dévalorisation de l'image de marque, de désorganisation de l'entreprise ...CHOFFRAY J.M. et DOREY F. (1982), par exemple, distinguent trois étapes d'évaluation des probabilités de succès des produits nouveaux (cf. Figure 1 : Probabilité de succès des produits nouveaux à différentes étapes de leur développement, page 17) identifiant ainsi implicitement deux temps forts de risque projet : avant la commercialisation du produit et après la commercialisation.

Type de produit	Phase de développement		
Consommation	Conception réussie sur le plan technique	Test de pré-lancement positif	Succès commercial
	0.50	0.45 []]	0.85 []]
Industriel	Développement technologique	Commercialisation	Succès commercial
	0.57	0.65 []]	0.74 []]] Probabilités conditionnelles

Figure 1 : Probabilité de succès des produits nouveaux à différentes étapes de leur développement

(d'après CHOFFRAY J.M. et DOREY F. (1982), sources : URBAN et HAUSER, (1980) ; MANSFIELD et WAGNER (1975))

Le taux de succès commercial d'un produit industriel est donc, selon cette étude, de l'ordre de 30 % ce qui laisse supposer des pertes financières associées aux échecs, considérables (cf. Figure 2 : réduction des profits en fonction du dépassement de budget/coûts/délais d'un projet (produit de grande consommation) (source : Ford-Mckenzie), page 18).

Les causes d'échec peuvent être classées selon deux grandes catégories : techniques et commerciales.

- Avant la commercialisation, le projet peut être mis en échec pour deux raisons :
 - * Parce que le produit ne peut être conçu en respectant à la fois les contraintes de qualité, de coût et de délais. C'est un échec d'ordre plutôt technique.
 - * Parce que les hypothèses de succès commercial ne sont pas fiables et l'entreprise décide d'arrêter le projet. C'est plutôt un échec d'ordre commercial.
- Après la commercialisation les causes d'échec peuvent être également de deux ordres :

* Le produit est conçu, fabriqué et vendu. Ses performances « catalogue » font que le produit répond aux besoins au moment de la vente. Mais sa « Sûreté de fonctionnement » (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, et sécurité) n'est pas satisfaisante. Sous réserve de pouvoir remédier rapidement au problème, le produit est mis hors service et sa production (dans le cas d'un produit de série) est arrêtée. C'est plutôt un échec d'ordre technique.

* Le produit est de qualité (au sens large) mais sa commercialisation n'est pas satisfaisante : mode de distribution inadapté, conflit d'image de marque, cannibalisation d'autres produits de l'entreprise, etc... C'est plutôt un échec d'ordre commercial.

DEPASSEMENT DE :			REDUCTION DE PROFIT SUR 5 ANS
BUDGET ETUDES	COUT PRODUCTION	DELAI / MARCHE	
+ 50%			5%
	+ 10 %		25%
		+ 6 mois	33%

Figure 2 : réduction des profits en fonction du dépassement de budget/coûts/délais d'un projet (produit de grande consommation) (source : Ford-Mckenzie)

Tous ces risques existent mais ne doivent pas dissuader les entreprises d'innover. En effet, une entreprise qui n'innove pas s'expose à perdre des marchés face à la concurrence. Dans une vision mondialisée des marchés, il ne peut y avoir à long terme d'entreprises redondantes. C'est pourquoi, la survie et la progression de l'entreprise sont fonction de sa singularité. Celle ci passe par le plus de service qu'elle génère : dans son fonctionnement clients / fournisseurs interne et externe, et dans ses produits. Les dimensions à la fois techniques et commerciales (et par conséquent financières) des causes d'échec des projets de Conception de Produits Nouveaux renvoient à la notion plus globale de stratégie d'entreprise en matière d'innovation. En particulier, pour M. PORTER (1986), « l'avantage concurrentiel est au coeur de toute stratégie de base ». Pour que cet avantage soit durable, l'entreprise ne peut s'appuyer que sur trois stratégies de base pour atteindre des résultats supérieurs à la moyenne du secteur : la domination par les coûts, la différenciation et la concentration de l'activité (concentration sur des coûts réduits, ou concentration sur la différenciation).

		AVANTAGE CONCURRENTIEL	
		<i>Coûts moins élevés</i>	<i>Différenciation</i>
<i>Cible Large</i>		1. domination par les coûts	2. Différenciation
		3 A. concentration fondée sur des coûts réduits	3B. concentration fondée sur la Différenciation

Figure 3 : les trois stratégies de base [selon PORTER (1986)]

En fait il semblerait que cette distinction soit remise en cause par l'évolution de la compétition industrielle qui amène les entreprises à innover à coûts maîtrisés. Les entreprises doivent donc gérer leurs projets d'innovation différemment : réduire les délais, mettre des tâches en "avance de phase", réduire les opérations de contrôle. Toutes ces contraintes augmentent encore plus le caractère risqué des projets de Conception de Produits Nouveaux.

L'innovation procède donc d'une démarche volontaire, stratégique, sous contraintes et fortement risquée.

1.2. Etudier l'innovation : des approches variées

L'innovation en général fait l'objet de nombreuses études essentiellement sous l'aspect gestion et stratégie d'entreprise.

Citant différents spécialistes de l'organisation (MINTZBERG (1982), (1986)⁶ notamment), des sociologues spécialistes du fonctionnement de l'entreprise (entre autres CROZIER (1977)⁷) ou de l'Innovation (par exemple CALLON (1985)⁸), Sandrine FERNEZ-WALCH (1991)⁹ définit l'Innovation de produit en entreprise comme étant un processus qui conduit à la proposition sur un marché de plusieurs entités physiques : les produits nouveaux. *"Ce processus permet à l'entreprise d'améliorer sa position stratégique. L'Innovation de produit*

⁶ MINTZBERG H., *Structure et dynamique des organisations*, ainsi que *Le pouvoir dans les organisations*, Ed d'Organisation, Paris, 1982 et 1986.

⁷ CROZIER M., *Le phénomène bureaucratique*, Ed. du Seuil, coll. Points, Paris, 1963, 383 p. ainsi que CROZIER M., FRIEDBERG E. : *L'acteur et le système*, Ed. du Seuil, coll. Sociologie Politique, Paris, 1977.

⁸ CALLON M. LATOUR B., *Comment suivre les Innovations. Clefs pour l'analyse socio-technique. Perspectives et santé publique. n° spécial sur l'Innovation*, 24 octobre 1985.

peut être d'essence technique (sucres de synthèse), commerciale (baladeur), organisationnelle (ordinateur), culturelle (jean)».

Sandrine FERNEZ-WALCH (op.cit.) différencie 5 classes d'approches de l'étude de l'Innovation (tout en précisant que cette typologie est schématique car les limites entre les classes ne sont pas nettes) :

- L'approche économique : le système étudié est composé des différentes entreprises présentes dans un même environnement : le secteur d'activité (au sens de l'Economie Industrielle), avec la concurrence, les produits de substitution, les fournisseurs, les clients.
L'Innovation est décrite comme une arme stratégique parmi d'autres.
- L'approche directoriale : l'innovation est un moyen d'améliorer la compétitivité de l'entreprise. Les analyses se font sur le plan des principes de management de la Direction Générale, ainsi que sur l'étude de l'environnement.
- L'approche organisationnelle qui traite l'Innovation sous l'angle des organisations (organigramme) et des flux (hiérarchiques, formels, informels, décisionnels ou fonctionnels).
- L'approche séquentielle où l'observateur focalise son attention sur l'une des fonctions de l'entreprise, correspondant souvent à une discipline (droit, mercatique...).
- L'approche heuristique qui aborde l'Innovation au niveau des outils (créativité, analyse de la valeur, méthodes de communication...), ou des démarches (design...) destinés à remplir avec succès une mission collective menée par les différentes fonctions ou services de l'entreprise. Cette « boîte à outil » est insérée dans une démarche particulière de conception. Les spécialistes de la discipline « Gestion de Projet » quant à eux privilégient le système projet et offrent des outils de conduite, de pilotage.

1.3. L'innovation : une activité source de problématiques pour la recherche en génie industriel

Pour F. MAHIEUX, trois composantes sont nécessaires et suffisantes pour décrire le fonctionnement du système de l'innovation de produit : le besoin, le produit et le marché (cf. Figure 4 : Le "système" de l'Innovation, page 17). Dans ce système, MAHIEUX appelle contrainte tout besoin théorique qui n'est pas satisfait. Un produit nouveau est le fruit d'une réduction de contrainte. Cette réduction peut se faire en proposant un concept nouveau, ou par un produit ancien auquel a été ajoutée une propriété nouvelle et qui en fait par cela même un produit nouveau.

⁹ FERNEZ-WALCH S., *L'innovation de produit au quotidien en entreprise industrielle*, Thèse de Doctorat en Economie Industrielle, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, 1991.

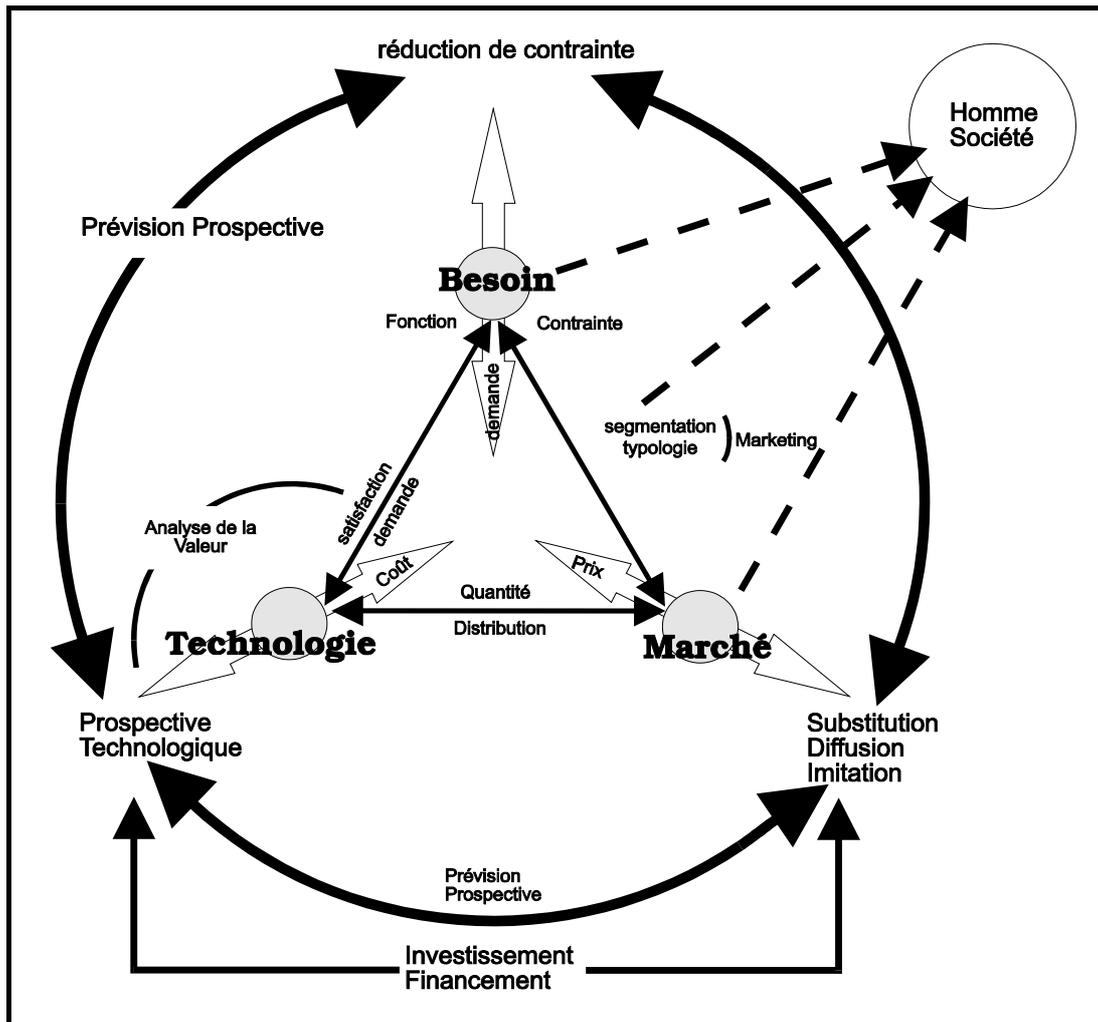


Figure 4 : Le "système" de l'Innovation
(d'après MAHIEUX, 1978)

Ce système pourrait être lui même lié à des méta-systèmes qui pourrait être :

- le système de l'entreprise (cf. Figure 5 : Présentation systémique de l'entreprise dans son environnement page 22)
- Le système économique,
- Le système de la société

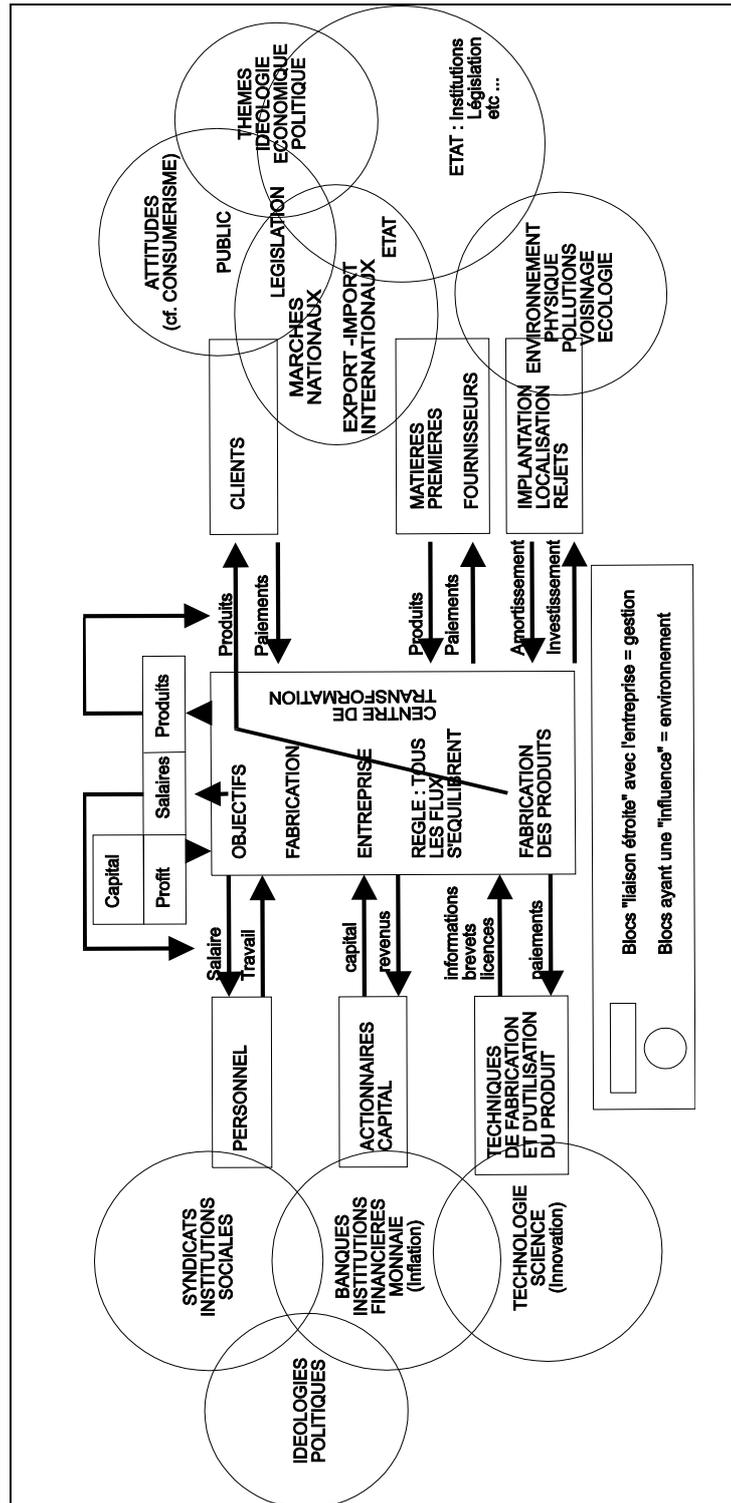


Figure 5 : Présentation systémique de l'entreprise dans son environnement (d'après MAHIEUX, 1978)

Le champ de notre recherche est vaste et couvre de nombreuses disciplines. L'activité de notre laboratoire et les travaux présentés dans ce document se situent plus particulièrement dans une approche heuristique de l'innovation, tout en étant conscient que l'innovation est un enjeu et une stratégie avant d'être un comportement.

Nos travaux portent plus particulièrement sur les outils et démarches qui concernent la partie "Conception de Produits Nouveaux" de l'innovation. Cette partie va de la perception des besoins auxquels doit répondre un produit, à la qualification d'une définition d'un produit comme étant apte à satisfaire ces besoins. Cette partie est aussi appelée développement. Nous justifions cet intérêt par le fait que nous considérons que toute stratégie d'entreprise n'a de chance d'aboutir que si elle a les moyens de ses ambitions : en l'occurrence, des outils et méthodes pour les Concepteurs de Produits Nouveaux. Comprendre et faire progresser l'efficacité de cette activité sont les objectifs de notre recherche. L'évolution permanente des entreprises, des technologies, et de la société dans son ensemble rend cette activité complexe et fournit une source inépuisable de sujets de recherche.

La première partie de ce document nous permet de poser la problématique que nous avons élaborée pour notre recherche : comment, dans un environnement complexe, un chef de projet peut-il satisfaire des exigences de qualité de management d'un projet de Conception de Produits Nouveaux ? Nous allons montrer dans un premier chapitre, ce caractère complexe de l'activité de Conception de Produits Nouveaux. Nous montrerons ensuite que dans cette complexité, un chef de projet dispose de techniques de gestion de projet qui lui permettent de réduire les incertitudes et de gérer des tâches de manière ordonnée pour atteindre ses objectifs de coût, de délais, et de qualité. Nous montrons alors, dans un troisième chapitre, que ces exigences de qualité s'appliquent non seulement au produit, mais aussi, de plus en plus, au projet lui-même. Nous situons ces concepts de la qualité d'un point de vue historique puis nous en exposons les principes actuels. Ceci nous amène à formuler une de nos hypothèses de travail : la qualité en Conception de Produits Nouveaux doit suivre la même évolution que la qualité en production : passer du contrôle du résultat à la maîtrise du processus, en l'occurrence, de conception. Mais dans le cadre de la Conception de Produits Nouveaux, tous les événements ne peuvent être prévus, ce qui nous amène à exposer dans un quatrième chapitre, une dimension importante de l'activité d'un chef de projet : la prévision et la gestion des risques. Nous montrons alors que des techniques de gestion des risques existent mais qu'elles traitent essentiellement les aspects concernant le respect des délais et des coûts. Nous formulons l'hypothèse que le champ couvert par ces techniques est insuffisant. Dès lors, il reste un champ important de recherche qui concerne le respect de la qualité du produit par la maîtrise du processus de conception. Notre problématique devient alors : comment modéliser un projet de Conception de Produits Nouveaux et assurer par l'analyse de ce modèle, que le projet est apte à produire un produit de qualité ?

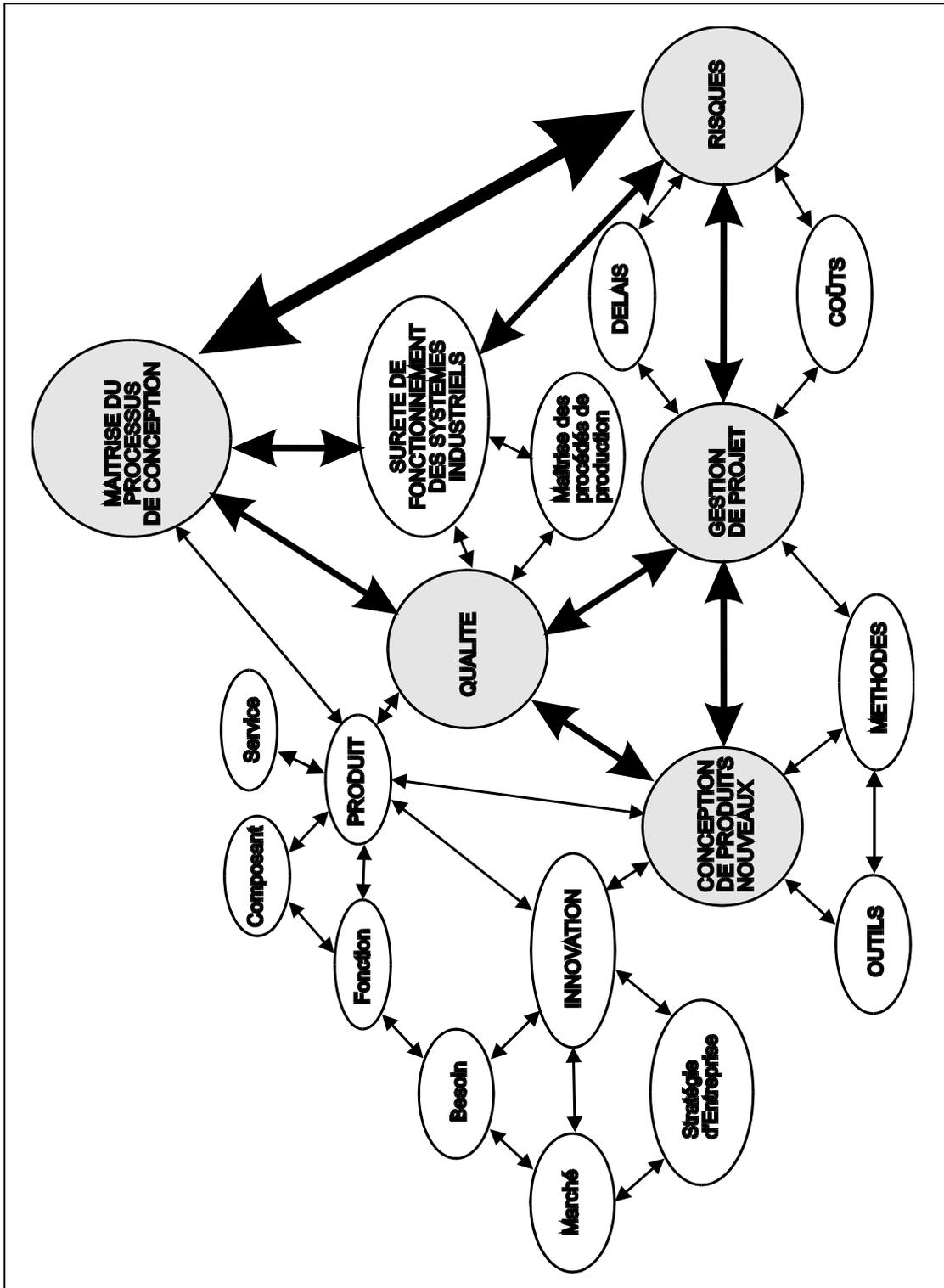


Figure 6 : champ du domaine de recherche : une vision pluridisciplinaire pour un domaine complexe.

2. CONCEVOIR DES PRODUITS NOUVEAUX : UNE ACTIVITE COMPLEXE

L'activité de conception présente de multiples facettes. Nous nous intéressons dans nos travaux à celles qui concernent la conception de produits industriels. Ces produits peuvent être eux aussi perçus et définis de diverses façons. En tant qu'ensemble de composants, ou alors dans leur finalité en tant que support de fonctions permettant de rendre des services à des utilisateurs. Ces produits peuvent être des évolutions subtiles de produits déjà existants ou au contraire ils peuvent présenter des caractéristiques de nouveauté importante dans leurs fonctions, leurs technologies, leur esthétique. Leur degré de nouveauté est donc variable mais quel que soit ce degré de nouveauté, il est le fruit d'un processus industriel mettant en oeuvre des méthodes, des outils, des relations humaines, des flux d'informations. Ce processus est lui même en interaction avec l'environnement de l'entreprise : celui des produits et des services, celui des technologies et des méthodes, celui des découvertes scientifiques et des évolutions de la pensée. L'innovation entraîne des modifications de cet environnement et ces modifications appellent à leur tour des innovations.

Si l'on se réfère aux définitions que donnent MORIN (1977), ATLAN (1979), MELESE (1990) ou LE MOIGNE (1991), de la complexité, la Conception de Produits Nouveaux peut être considérée comme un processus complexe. Bien qu'il ne se limite pas à cet aspect, le terme « complexité » désigne d'abord ce qui nous échappe, ce que nous avons du mal à comprendre et à maîtriser. En cela la complexité est distincte de la complication dont nous arrivons, avec du travail, à venir à bout. On appelle complexe un phénomène que l'on n'arrive pas à comprendre et à maîtriser dans sa totalité. ATLAN (1979) mais aussi LE MOIGNE (op. cit.), présentent la complexité comme étant une notion négative, *"un désordre apparent, un ordre dont on ne connaît pas le code et qui se mesure par différentiel d'information"*.

L'objet de cette partie est de situer la Conception de Produits Nouveaux dans cette complexité. Ceci nous amène à conclure sur la nécessité de modéliser cette activité en tant que processus pour comprendre et pour pouvoir agir sur la qualité de ce processus.

2.1. L'activité de conception de produit industriel : définition

Les définitions de l'activité de conception sont nombreuses [JONES & THORNLEY, (1963)]. D'une manière générale, l'activité de conception est décrite comme ayant pour objet de définir un produit ayant une fonctionnalité particulière et se conformant à certaines spécifications.

La norme NF L 00-007¹⁰ définit la conception (d'un produit) comme étant une « *activité créatrice qui, partant des besoins exprimés, des moyens existants et des possibilités technologiques, aboutit à la définition d'un produit satisfaisant ces besoins et industriellement réalisable* ».

L'AQAP 15¹¹ précise qu'il s'agit d'une « démarche de définition des tâches à accomplir et de résolution des problèmes dans le but de créer un produit ou un service destiné à satisfaire des besoins exprimés. Le terme « conception » désigne également le résultat des opérations précitées ».

Cette activité est « une activité essentiellement mentale,... orientée vers la réalisation d'objectifs,... focalisée sur les aspects pertinents du produit... ce qui laisse présager le rôle important de l'expertise... et la nécessité pour le concepteur de se construire (progressivement) une représentation précise du but de la conception » [BONNARDEL, (1992), p.11].

Dans le cas où le concepteur ne dispose d'aucune procédure directement applicable pour atteindre ce but [MALHOTRA, THOMAS, CARROLL & MILLER, (1980)], cette situation amène le concepteur à adopter des stratégies visant à élaborer une « *réponse adaptative* » [REUCHLIN, (1981), p.213].

Certaines situations de conception industrielle, en particulier quand le produit est déjà connu, peuvent mettre à la disposition du concepteur, des procédures pré-définies, par exemple, dans le cadre d'une politique d'Assurance Qualité en Conception (AFNOR, normes ISO 9000). Cependant, l'activité de conception étant une activité complexe, les situations de conception sont généralement considérées comme des situations de résolution de problèmes [CALVEZ, (1990), BONNARDEL, (1992)].

¹⁰ NF L 00-007 : Norme française - industrie aéronautique et spatiale - vocabulaire- termes généraux - Paris, AFNOR, mars 1987.

¹¹ AQAP : Allied Quality Assurance Publication: publication interalliée (OTAN) (cf THOMSON CSF "Vocabulaire de termes normalisés usuels de la Qualité".)

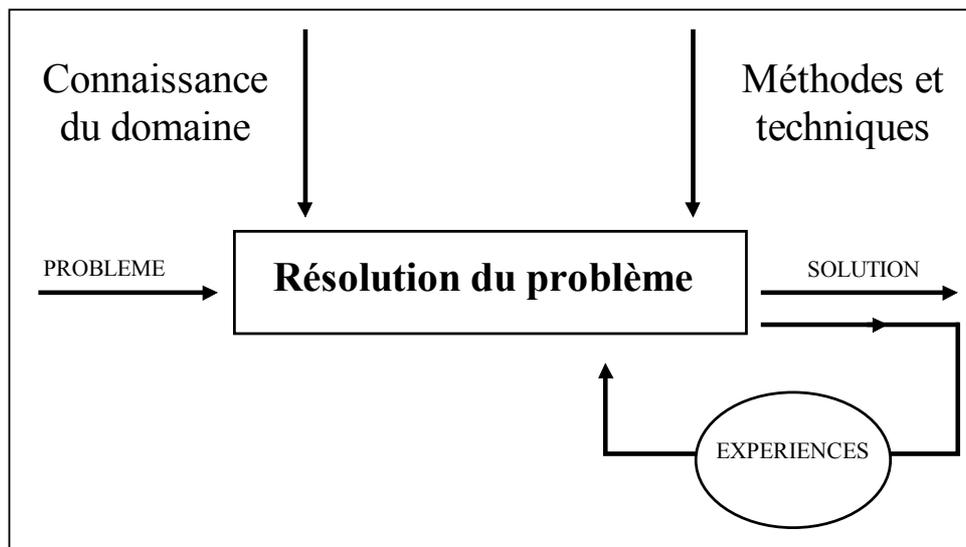


Figure 7 : Activité de conception : processus de résolution de problèmes [BONNARDEL, (1992)].

2.2. L'activité de conception : caractéristiques générales

Concevoir suppose de définir le problème [LANZARA, (1986), p 447]. Une part importante de l'activité de conception est consacrée généralement à la structuration du problème, et le reste, à la recherche de la solution [SIMON, (1973), p. 187].

Cette participation du concepteur à la structuration du problème et à sa reformulation, provient du fait que les données de base du problème sont rarement complètes, suffisantes, et pertinentes.

Les réponses à un problème de conception sont souvent multiples. Les concepteurs travaillant en groupe ont alors à faire des choix de solutions alternatives qu'ils devront évaluer en fonction de critères validés par le demandeur du produit, et du poids de ces critères. Ce processus d'évaluation intervient tout au long du cycle de conception d'un produit (BONNARDEL, op.cit.). Parmi ces techniques d'évaluation pondérée des solutions par rapport aux besoins du client, on peut citer par exemple, le Quality Function Deployment (Q.F.D.). Le déploiement des fonctions Qualité, se compose d'un ensemble de programmes de planification et de communication. Cette méthode est née dans les entreprises japonaises au début des années 70. Le déploiement de la Fonction Qualité se compose de trois éléments indissociables :

- Une équipe pluridisciplinaire ayant en charge le projet du début à la fin.

- L'écoute du marché visant à témoigner des besoins des "clients - futurs utilisateurs", ainsi que des exigences du type réglementations, standards, législation d'une part et options stratégiques, contraintes d'entreprise d'autre part.
- De supports graphiques, appelés "Maison de la Qualité" s'enchaînant les uns aux autres. Ces supports graphiques permettent de mettre en correspondance deux séries de données devant répondre les unes aux autres et d'évaluer la qualité de cette réponse.

Son utilisation facilite la communication de l'information, au sein d'une équipe chargée d'un projet et dans l'entreprise. Sa mise en oeuvre exige cependant de gros efforts et une grande disponibilité des esprits, car la masse, la nouveauté et la précision des informations requises pour alimenter efficacement la "première Maison" est importante.

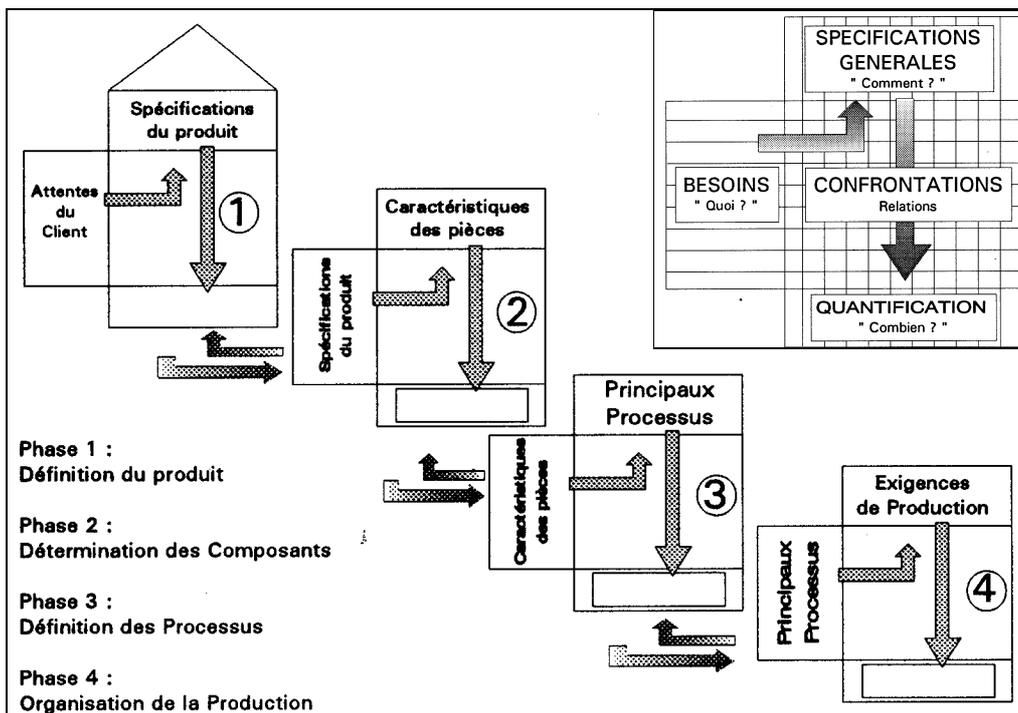


Figure 8 : schéma Q.F.D.

2.3. Modélisations d'un produit

Un produit peut être d'ordre matériel, (physique), ou immatériel, comme un logiciel ou bien encore un service : un voyage organisé, un placement financier sont appelés des "produits".

Les produits matériels, logiciels et de service sont de plus en plus souvent associés dans une même prestation de l'entreprise vis à vis de ses clients. La satisfaction du client sera fonction de son appréciation de chacun de ces éléments : le client n'achète pas seulement un téléphone portable, mais aussi le réseau téléphonique et les services qui vont avec.

Une différence importante entre produit matériel ou logiciel et produit de service tient dans leur réalisation et leur utilisation. Contrairement à un produit matériel ou logiciel, la réalisation et l'utilisation ("consommation") d'un service sont simultanées ; il n'est pas stockable ; l'utilisateur est directement en contact avec l'entreprise prestataire et participe volontairement ou involontairement, positivement ou négativement à l'exécution du service.

Par contre, en ce qui concerne leur conception, les processus mis en oeuvre peuvent être considérés comme similaires. Dans la suite de ce document, nous utiliserons donc le terme produit, pris au sens large, sauf mention contraire. Les approches de la conception d'un produit (au sens large) sont, par contre, différentes selon que l'on considère un produit comme étant un ensemble de composants, ou au contraire un ensemble de fonctions supports de services. Ces deux approches cohabitent souvent dans les entreprises et sont facteur d'ambiguïté et d'incompréhension entre les différents acteurs de la conception de produits. Nous évoquons ici ces deux modèles de représentation d'un produit car ils participent à la complexité du processus de conception, et illustrent les difficultés de communication que l'on peut rencontrer dans une entreprise lorsque l'on parle des fonctions d'un produit.

2.3.1. L'approche composants

Un produit peut être considéré comme un ensemble de composants élémentaires en relations les uns avec les autres. Sa description « fonctionnelle » se fait alors en décrivant « comment ça marche » ? Cette description du produit reste très attachée aux solutions qui ont été ou vont être retenues pour concevoir le produit. Elle ne permet pas de remettre en cause l'expression du besoin, de la reformuler et de la valider. C'est une pratique fort répandue car elle ne demande pas d'effort d'abstraction particulier. Elle présente l'inconvénient majeur de limiter d'emblée les possibilités d'innovation en faisant référence à des solutions connues pour répondre à de nouveaux besoins. Ces raisons font que nous rejetons cette approche au profit d'une analyse fonctionnelle plus conceptuelle.

2.3.2. L'approche fonctionnelle

Une autre modélisation possible d'un produit peut être exprimée comme étant [GAUTIER, (1991)] : « *la réalisation d'un certain nombre de fonctions, à des niveaux de satisfaction pour une population donnée* » (c.f. Figure 9 : modélisation d'un produit : l'approche fonctionnelle page 30). La question posée étant alors : « Quels services le produit doit-il rendre aux utilisateurs » ?

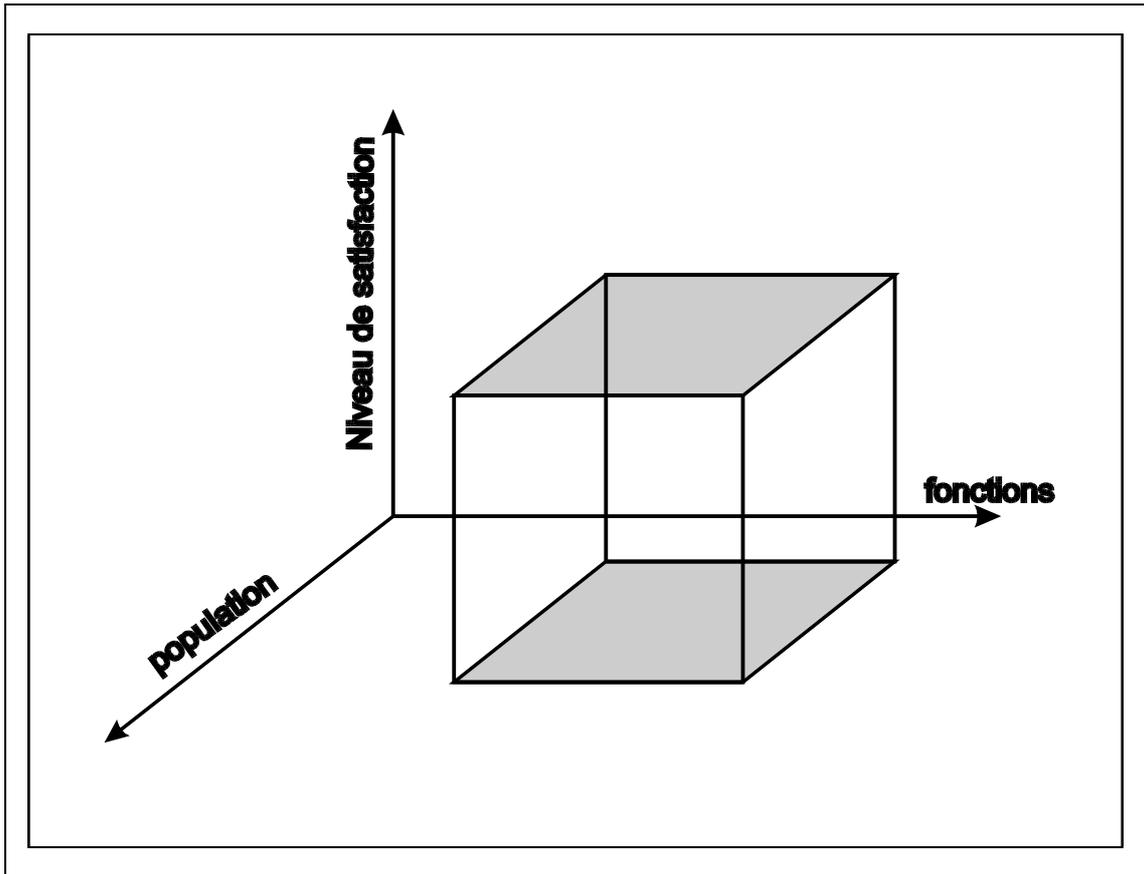


Figure 9 : modélisation d'un produit : l'approche fonctionnelle [GAUTIER (1991)]

Il faut donc prendre ici le terme « fonction » au sens de l'analyse fonctionnelle (normes NFX 50.100, NFX 50.150 à NFX 50.153). Elle définit une fonction en terme de service à rendre par le produit excluant toute référence à une solution. La norme définit des fonctions de service et des fonctions d'adaptation (cf. Figure 10 : Le produit : support de service, page 31).

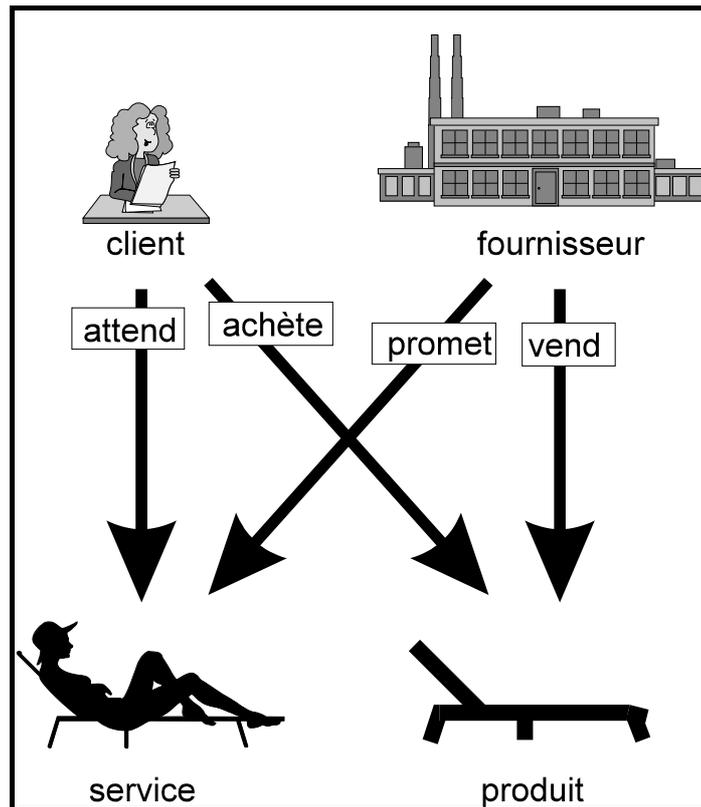


Figure 10 : Le produit : support de service

D'autre part, la notion d'utilisateur recouvre celle de l'utilisateur final du produit, mais aussi tous les utilisateurs intermédiaires, tout au long du cycle de vie du produit. Par exemple, dans le cas d'une cabine de téléphone, l'utilisateur principal de la cabine est l'usager qui paie pour pouvoir téléphoner à l'abri du bruit et des intempéries. Mais les techniciens qui ont installé la cabine, le préposé qui fait la recette de l'argent, celui qui entretient la cabine ... sont autant d'utilisateurs de la cabine. L'analyse fonctionnelle préconise donc de caractériser les différentes « positions d'utilisation » du produit, déterminées à partir de la définition du cycle de vie du produit (AFNOR - Norme NFX 50-151 - 1992).

Le cycle de vie d'un produit est défini comme étant (THOMSON-CSF, 1990) : « L'ensemble des phases successives de la vie d'un produit qui se déroulent à partir de l'expression du besoin global jusqu'à la réalisation et l'exploitation du produit par le client utilisateur ». Les phases les plus couramment retenues sont :

- Orientation faisabilité
- Conception
- Développement
- Production
- Exploitation et maintien en condition

Conception et Développement sont parfois assimilés sous un même terme (Conception ou développement). La phase d'exploitation peut être détaillée en situations pouvant avoir une

influence sur la conception du produit : la distribution, le stockage, le transport. Enfin la « fin de vie du produit » est une phase qu'il devient impératif de prendre en compte dès la conception, du point de vue de la destruction ou du recyclage du produit (MILLET, 1995).

La règle d'expression d'une fonction que nous avons retenue dans la suite de nos travaux est celle préconisée par la méthode A.P.T.E.¹² :

- Fonction de service : phrase comprenant un verbe exprimant la relation accomplie par le produit entre deux éléments de son milieu extérieur (fonction principale).
- Fonction d'adaptation : réaction du produit par rapport à des actions d'un élément de son milieu extérieur (fonction contrainte ou également appelée fonction d'adaptation) (cf. Figure 11 : définition d'une fonction, page 32). Parmi ces fonctions contraintes, les fonctions génériques « être esthétique » (au sens large : Design, couleur etc...) et « résister aux agressions de l'environnement » sont des constantes qu'il convient de préciser dans le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) (BOLY, ARNOULT, GUIDAT DE QUEIROZ, 1993, p.174).

Cette deuxième modélisation présente l'intérêt d'ouvrir le champ des solutions alternatives pour satisfaire les besoins des utilisateurs. Elle oblige à raisonner sur des concepts et non à partir de solutions. Elle nécessite de faire des efforts d'abstraction pour se détacher des solutions connues et raisonner par rapport à l'utilisateur et ses attentes.

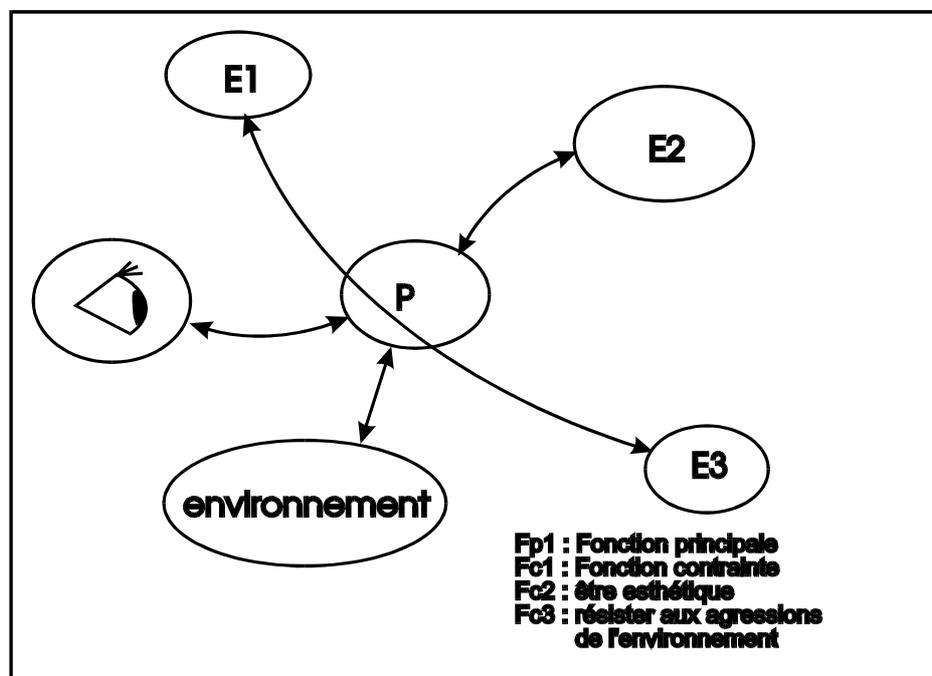


Figure 11 : définition d'une fonction(méthode APTE)

¹² Cabinet A.P.T.E. "Application des Techniques d'Entreprises S.A. - PARIS

LE COQ (p.24, 1992) ajoute aux fonctions « de Signe » (être esthétique dans la méthode APTE) et « d'usage » (les fonctions principales et contraintes), les fonctions de « Productibilité », introduisant ainsi la nécessité de prendre en compte dès la conception du produit, les contraintes de « fabrication reproductible industriellement ». La définition des fonctions d'un produit nécessite donc de prendre en compte de manière globale, l'ensemble des besoins devant être satisfaits par le produit. Nous verrons qu'une telle démarche amène les concepteurs à travailler en équipes pluridisciplinaires, établies dès le départ d'un projet et regroupant des représentants des métiers impliqués dans le projet. Ces équipes projet sont le centre nerveux d'une démarche d'Ingénierie Simultanée, visant à (BOURDICHON, 1994):

- *réduire les temps de « conception/industrialisation/fabrication/distribution » du produit,*
- *développer l'innovation tout en assurant un niveau de qualité d'adéquation aux besoins des utilisateurs ou du marché bien plus qu'une qualité de conformité,*
- *diminuer globalement les coûts du projet et des produits.*

2.4. Définition d'un produit nouveau

Concevoir induit une notion de création, et donc de nouveauté. Concevoir un produit implique donc que ce produit est, d'un certain point de vue, nouveau. Il n'est pas dans notre propos de disserter sur les différentes définitions de la nouveauté, mais plutôt de positionner l'utilisateur par rapport à ce caractère éphémère de la nouveauté. La complexité du processus de conception n'est pas seulement liée aux rapports entre le produit et les acteurs en interne à l'entreprise, mais est liée aussi à cette relation avec les utilisateurs du produit.

Pour J.M. CHOFFRAY (1983), on peut distinguer trois types de produits nouveaux : les produits repositionnés, les produits reformulés, les produits originaux. Par d'éventuelles légères modifications de l'aspect extérieur, le domaine d'application des produits repositionnés est élargi et est perçu alors, par les utilisateurs potentiels, comme nouveau. Les produits reformulés ont des caractéristiques physiques nouvelles que le consommateur ne perçoit pas mais qui permettent à l'entreprise d'en élargir le champ d'application, ou d'en baisser le coût de production, d'en augmenter la fiabilité. Enfin, les produits originaux ont des caractéristiques techniques et esthétiques qui font que leur nouveauté est perçue par les consommateurs, mais également par l'entreprise qui met en oeuvre un savoir-faire nouveau. D'autres classifications précisent cette différenciation entre ce qui est perçu par le consommateur et l'entreprise : les produits nouveaux issus d'opération « marketing » (extension de gamme, de secteur géographique, imitation de produit concurrent ...), et les

produits mettant en oeuvre des technologies ou/et des concepts marquant une rupture par rapport à l'existant, une mutation industrielle.

Finalement, quelle que soit la classification que l'on fasse du caractère nouveau d'un produit, il semble que l'attrait d'un produit nouveau tienne, dans un premier temps, à son aptitude à répondre à de nouvelles attentes des utilisateurs, ou à répondre différemment et mieux que les produits existants, à des attentes déjà connues. Ce potentiel d'amélioration existe dans tout produit, qui n'est en général qu'une réponse partielle aux besoins latents (cf. Figure 12 : le produit en tant que réponse partielle aux besoins latents page 34).

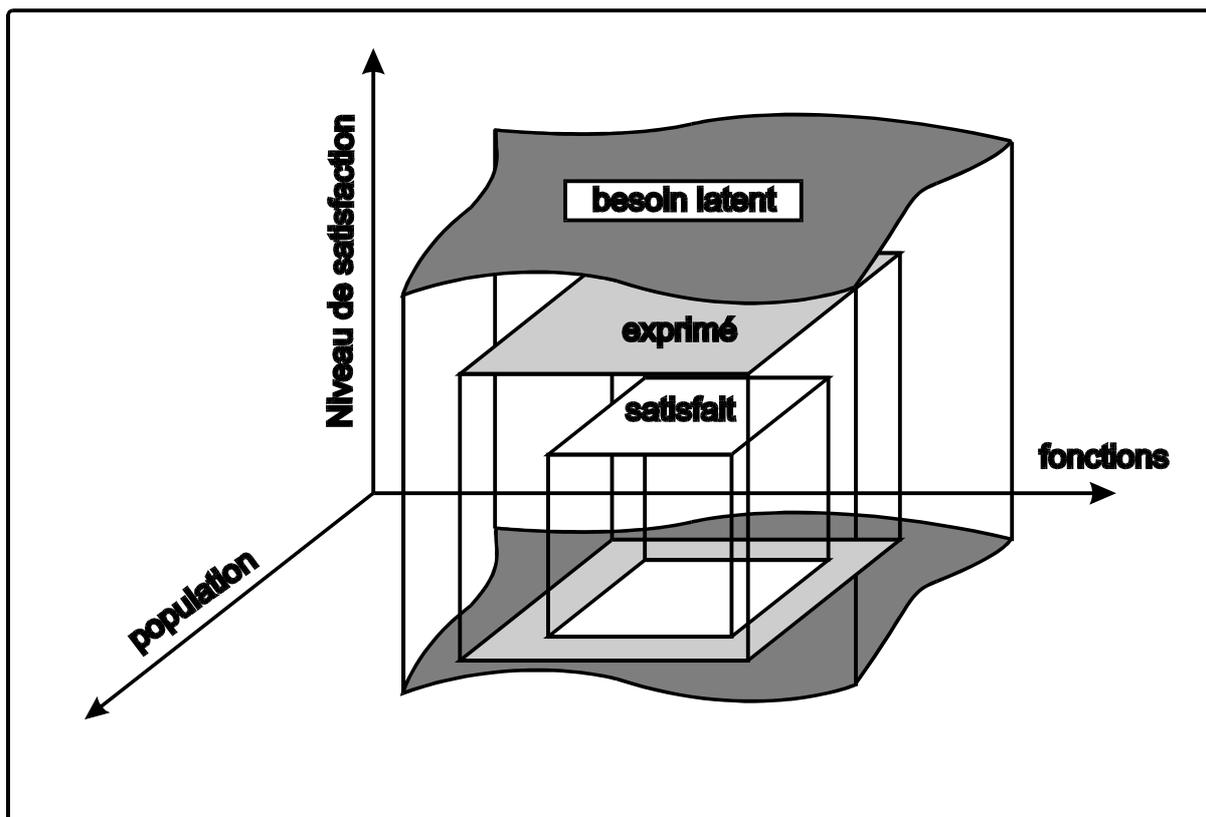


Figure 12 : le produit en tant que réponse partielle aux besoins latents

Trois phénomènes au moins peuvent justifier cet écart entre le produit et les besoins latents auxquels il est censé répondre :

- La nécessité d'exprimer les besoins latents pour permettre aux différents acteurs de l'entreprise d'exercer leurs compétences en vue d'apporter une réponse industrielle en terme de produit. Cette expression du besoin s'accompagne de pertes d'informations et de choix de ne traiter qu'une partie des informations restantes. Ces choix sont guidés par des raisons de stratégies d'innovation : cible mercatique, cohérence avec le portefeuille produit, avec les moyens de production, les moyens financiers ...
- L'évolution des besoins latents entre le moment où ils ont été exprimés, et le moment où le produit est mis sur le marché. Cette problématique de prise en compte du temps

dans la conception de produits nouveaux (MIRA,1993) est un des éléments fondateurs du travail en Ingénierie Simultanée (BOURDICHON op.cit.).

- La diversité de la population d'utilisateurs : dans le cas d'une production industrielle, « le sur mesure » est remplacé par le « standard ». Les concepts de modularité et d'options permettent de personnaliser, en partie seulement, les produits.

Le potentiel d'amélioration d'un produit peut être exploité de manière progressive. C'est la notion de Kaizen chez les japonais [cf. Figure 13: Innovation et KAIZEN ("amélioration continue") (d'après MASAAKI, 1989)., page 35].

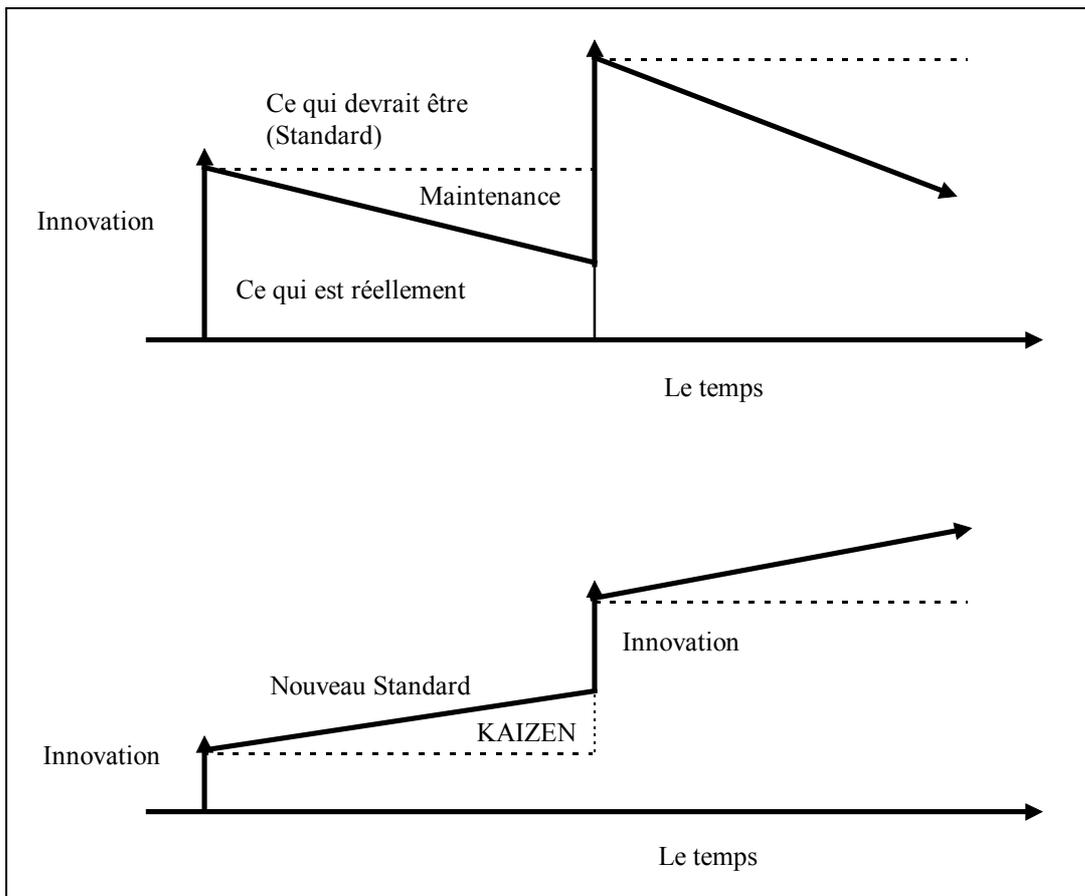


Figure 13: Innovation et KAIZEN ("amélioration continue") (d'après MASAAKI, 1989).

Un produit nouveau peut également être le fruit d'une rupture par rapport à l'existant. Il s'agit alors de ce que l'on peut appeler une innovation majeure, un changement de « paradigme » (GAUTIER, 1991) (cf. Figure 14 : Innovation majeure : changement de paradigme page 36).

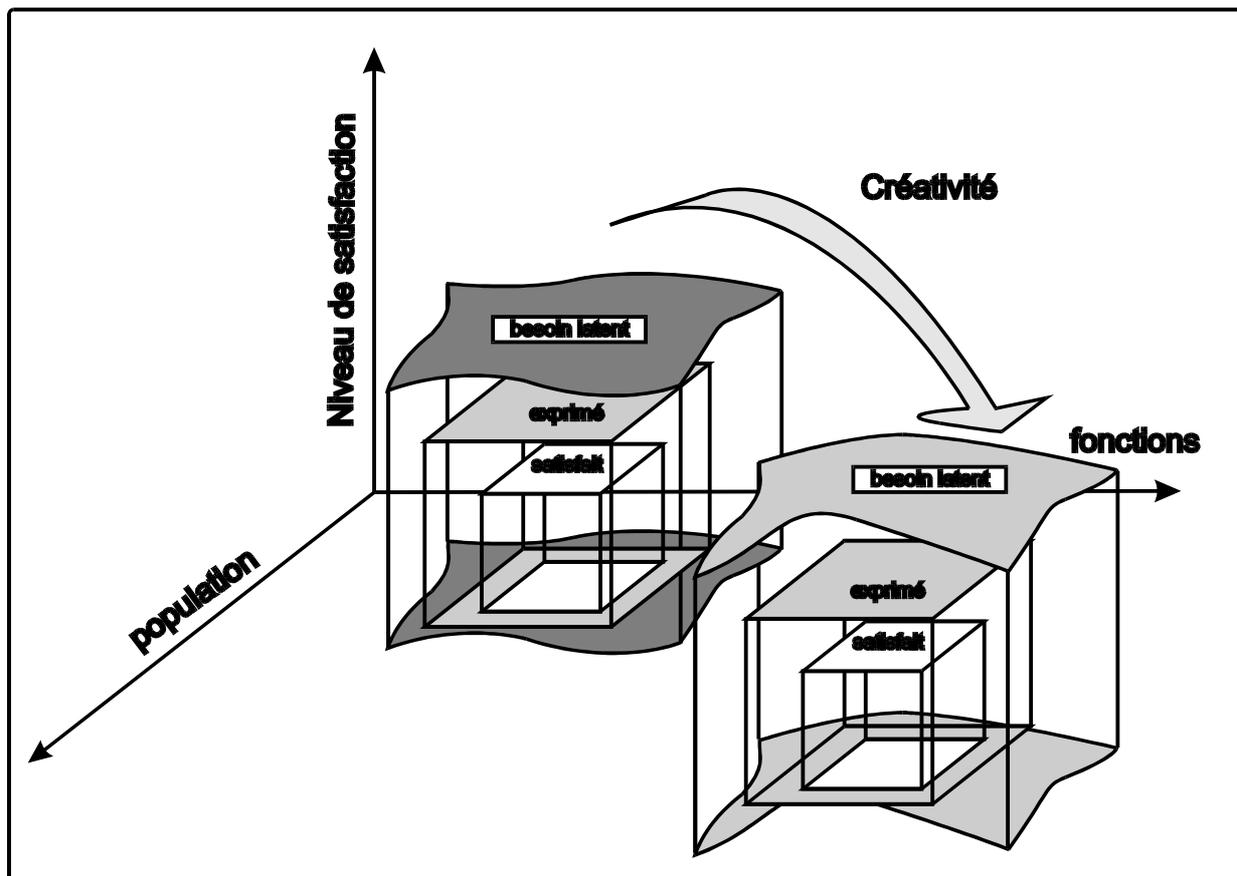


Figure 14 : Innovation majeure : changement de paradigme

L'attrait d'un produit nouveau est lié à l'importance des attentes pour la population d'utilisateurs concernés et au temps de non-« banalisation » par des produits concurrents¹³. Le caractère original du service rendu par le produit nouveau peut permettre, dans un premier temps de répondre de façon imparfaite à des attentes qui n'étaient pas satisfaites jusqu'à présent. Il peut générer d'autre part, de nouvelles attentes (offre créatrice). Mais passé le stade de l'attrait de la nouveauté, la pérennité du produit est liée à la capacité d'évolution de son aptitude à satisfaire au mieux aux besoins des utilisateurs. Par ailleurs, ces besoins s'exprimeront de plus en plus explicitement. Du statut de produit innovant auquel on pardonnera quelques défauts en hommage à ses qualités, il devra rapidement devenir un produit « de Qualité » [AFNOR, (1994)] visant le zéro défaut¹⁴ [CROSBY, (1986)].

¹³ ceci est essentiellement vrai pour les secteurs de marchés ouverts aux innovations. Tous les secteurs ne sont pas ouverts de la même manière aux innovations : la réussite commerciale d'un produit du bâtiment sera souvent moins sensible à l'attrait pour l'innovation que celle d'un produit du secteur des jouets électroniques par exemple.

¹⁴ le "zéro défaut" fait partie des cinq "zéros olympiques" de la recherche de l'excellence, dans le cadre d'une politique de qualité totale. Pour Crosby, le zéro défaut est le "critère de réalisation" et l'axe directeur d'un "programme d'amélioration de la qualité". Le "zéro défaut" n'est pas le "zéro absolu", mais le respect rigoureux de la spécification convenue avec le client ou définie dans le marché, avec une volonté d'amélioration. Cette notion est étendue à d'autres objectifs : zéro panne, zéro délai, zéro stock, zéro papier. On peut ajouter également le "zéro mépris" [SERIEYX, (1989)].

2.5. Les démarches de conception de produit nouveau

Les démarches de conception de produit sont nombreuses [FOUGERAT (1994), AFAV (1994), ARNOULD (1994)]¹⁵. De cette diversité, on peut déterminer deux classes de démarches :

- Les démarches cartésiennes : linéaires, séquentielles.
- Les démarches systémiques : simultanéité, globalité.

De même que pour la modélisation d'un produit, ces deux approches cohabitent souvent dans les entreprises et sont facteur d'ambiguïté et d'incompréhension entre les différents acteurs de la conception de produits. Nous évoquons ici ces deux classes de démarches de Conception de Produits Nouveaux car elles participent à la complexité du processus de conception, et illustrent les difficultés de communication que l'on peut rencontrer dans une entreprise lorsque l'on parle de démarche de conception.

2.5.1. Les démarches « Cartésiennes » : linéaires, séquentielles.

Les démarches Cartésiennes sont basées sur la décomposition des travaux de conception en éléments simples. Ces éléments simples sont étudiés séparément puis réunis de nouveau dans une synthèse. Cette approche aboutit à proposer une démarche de conception décomposée en phases. Ces phases sont elles même décomposées en étapes, voire en sous-étapes jusqu'à la définition de tâches élémentaires [BISSERET, (1987) ; CHANDRASEKARAN, (1990) ; MAHER, (1990)]. Cette démarche descendante propose une planification du projet de type hiérarchique [EASTMAN, (1969), p. 672 ; VISSER, (1987)]. Le recensement de ces tâches élémentaires amène généralement à dresser des listes de documents associés, assurant la traçabilité et le contrôle de la bonne conduite du projet [DUNAUD, (1987) ; CAVAILLES, (1992)]. La conception de produit apparaît alors comme étant un processus linéaire, pour lequel la méthode propose un guide d'utilisation.

Ces démarches sont d'une utilisation souvent efficace pour la conception de produits matériels à forte dimension technologique : les phases et étapes de conception peuvent être définies en se basant sur une décomposition architecturale du produit (LE COQ, 1992) :

- On part de l'énoncé des fonctions du produit,
- Le produit est décomposé en système, sous-système et composants ayant des fonctions élémentaires,

¹⁵ cf. Les travaux du groupe AFAV "Intégration des démarches Qualité dans la conception de produits" avec le soutien du Ministère de l'Industrie - opération "Partenaires pour l'Europe".

- On aboutit progressivement à la définition de solutions techniques permettant de mettre en oeuvre ces fonctions élémentaires,
- Le produit final est recomposé à partir des composants élémentaires.

Dans le cas de produits immatériels, mettant en oeuvre des processus de décision et des facteurs humains, tels que des logiciels ou des systèmes d'information, ces démarches aboutissent à des mosaïques de petits systèmes, qui posent souvent, et de manière plus aiguë que pour des produits matériels, des problèmes de redondances, d'interface et de cohérence globale. De plus, il apparaît lors de la conception de produits nouveaux, que des problèmes non prévus initialement, apparaissent souvent [THOMAS & CARROLL, (1979)], pouvant remettre en cause profondément le projet en cours. L'existence de cette « dynamique » des problèmes de conception est une des causes de contestation de la validité de ce modèle de représentation linéaire de l'activité de conception.

2.5.2. Les démarches systémiques : simultanée et globalité.

Les démarches systémiques proposent de modéliser l'activité de conception en vue d'apporter la connaissance sur la réalité organisationnelle de l'entreprise. Cette activité est comprise comme étant un système s'insérant dans l'ensemble des autres systèmes de l'organisation. Selon DE ROSNAY (1974), un système est *"un ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé en fonction d'un but"*.

L'approche systémique est une démarche intellectuelle de réflexion et de synthèse, contrairement à l'analyse qui est une démarche intellectuelle de connaissance. L'analyse aide à distinguer les choses qui ont une nature (ou un aspect) apparemment identique alors que l'approche systémique permet de mettre en évidence ce qui rassemble des choses de nature différente, en dégageant ce qui les lie et les hiérarchise. Elle aide à trouver les "ensembles" et est complémentaire à l'analyse en mettant en évidence ce sur quoi l'analyse doit porter et les limites utiles de l'analyse. L'approche systémique s'intéresse au "quoi faire" plutôt qu'au "comment faire".

Cet apport d'informations extérieures au concepteur ou à l'équipe de conception, peut perturber l'organisation d'un projet. VISSER (op.cit.) montre le caractère qualifié « d'opportuniste » de l'activité de conception : le concepteur procède à des itérations multiples de validation d'hypothèses et de solutions, des interruptions plus ou moins longues dans le cycle de conception, des remises en causes de décisions prises en amont.

Ces dérives par rapport à la planification initiale d'un projet sont à la fois des « défaillances » du système de conception [EASTMAN, (op.cit.)] mais également une preuve de réactivité et d'adaptabilité des concepteurs face à des situations nouvelles.

Cette capacité d'adaptation est particulièrement mise en valeur dans l'approche en Ingénierie Simultanée (traduction de Concurrent Engineering). Une organisation séquentielle et linéaire de l'entreprise industrielle engendre des effets d'entonnoir à chaque phase de conception d'un produit, qui ralentissent considérablement les flux de réalisation et d'information. Pour décloisonner l'entreprise, développer simultanément produit et processus, et plus globalement instaurer un management transfonctionnel pendant tout le processus de conception d'un produit, il a été élaboré le concept de Concurrent Engineering, que l'IDA (Institute for Defense Analyses) désigne comme étant « *une approche systémique qui intègre le développement simultané des produits et des processus associés, incluant la fabrication et le soutien logistique. Cette approche prend en considération dès le démarrage, le cycle de vie du produit depuis sa conception jusqu'à son exploitation, en incluant la qualité, les coûts, la planification et les besoins des utilisateurs* » (IDA Report R-338).

En Ingénierie Simultanée, une activité peut commencer alors que celle qui la précède n'est pas encore terminée (cf.

Figure 15 : du séquentiel vers le simultané [d'après BOURDICHON (1994)], page 40). Ainsi, une partie des tâches sont mises en parallèle, ce qui permet de réduire les délais d'un projet. Chacun dans l'équipe projet doit alors travailler sur des bases non stables, et vérifier régulièrement l'impact du travail des autres sur le sien. Dans ce principe, la notion de phasage est plus souple que dans un processus de conception séquentiel. Les jalons du projet ne sont plus des goulets d'étranglement où toutes les informations doivent converger pour poursuivre vers l'étape suivante. La transition d'une phase à l'autre n'est plus séquentielle. Elle se fait par gel progressif des tâches en amont pendant le démarrage des tâches en aval (cf. Figure 16 : gel progressif des tâches page 40). Ce recouvrement partiel des tâches implique une analyse des risques pris en commençant la tâche aval avant la fin de la tâche amont.

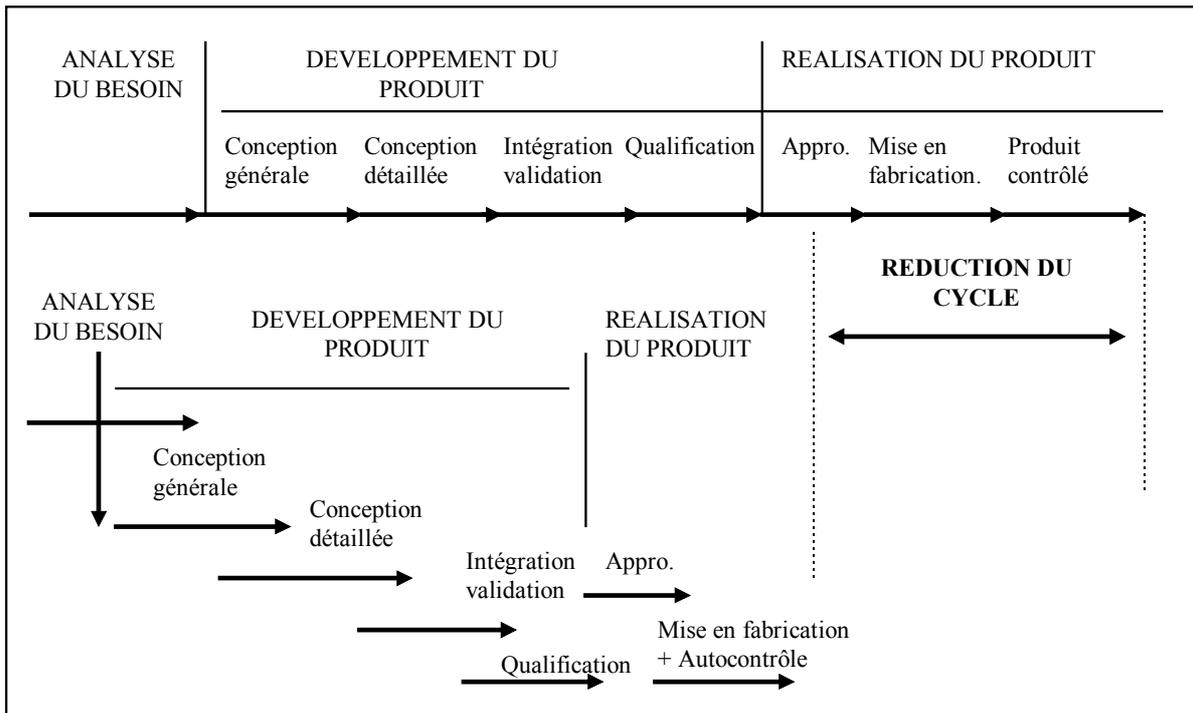


Figure 15 : du séquentiel vers le simultané [d'après BOURDICHON (1994)]

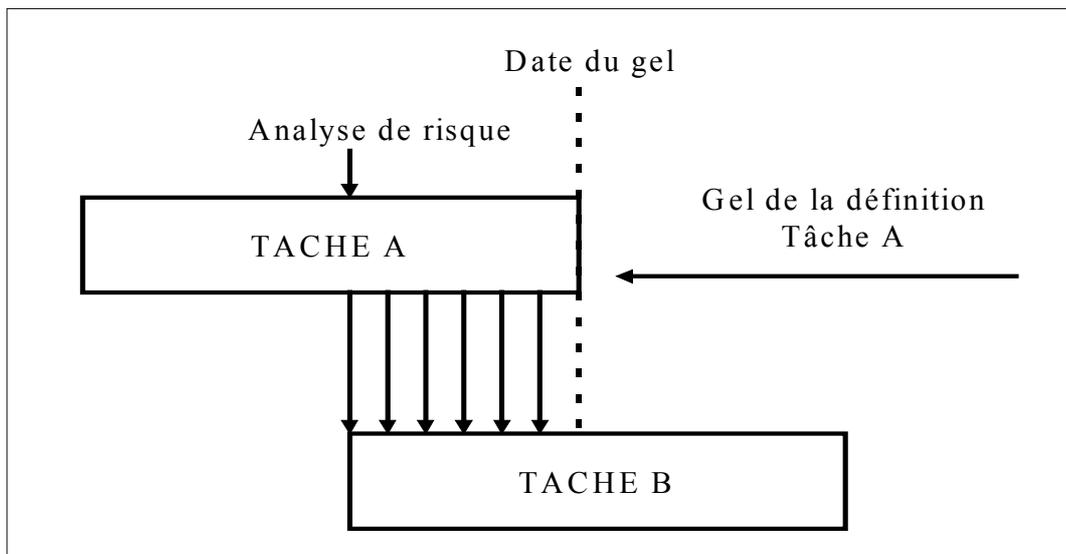
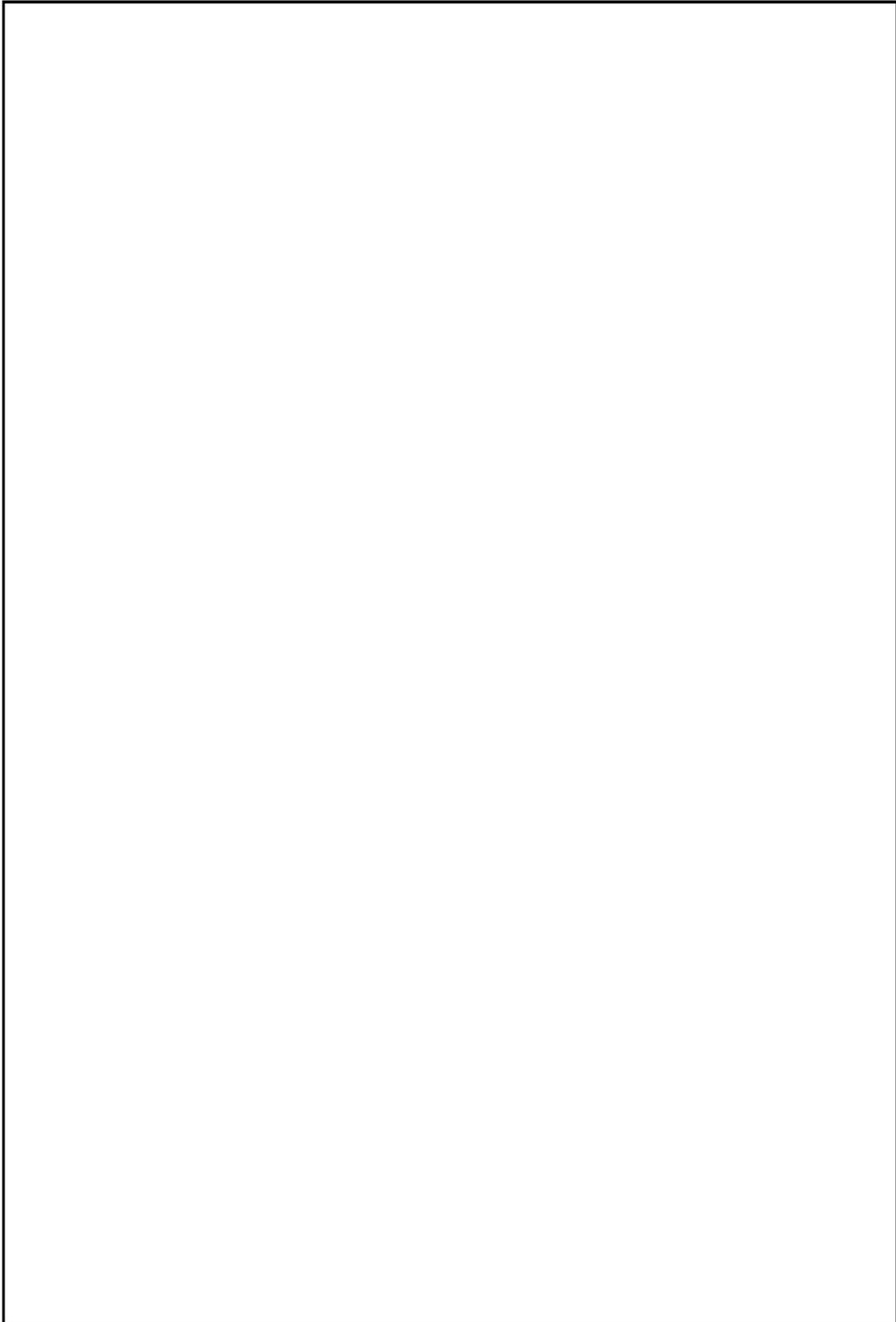


Figure 16 : gel progressif des tâches dans une approche d'Ingénierie Simultanée.

2.5.3. La démarche CPN-ENSAM : une démarche « prescriptible ».

Les travaux menés dans le Laboratoire C.P.N. de l'ENSAM [AOUSSAT, (1990)] ont permis de définir une démarche Projet assurant un enchaînement cohérent des travaux (cf. Figure 17 : démarche C.P.N., page 41).



*Figure 17 : démarche C.P.N.
d'après A. AOUSSAT (1990)*

Cette démarche, mise en oeuvre de manière linéaire, peut être classée dans la catégorie des démarches Cartésiennes, s'appliquant de préférence à des produits matériels. Cependant, cette approche « *plurielle* » démontre la nécessité de prendre en compte de manière combinatoire, un grand nombre de compétences métiers différentes. Ceci afin de générer, confronter, enrichir et évaluer les solutions alternatives d'un problème de conception. La mise en évidence de cette nécessité de la pluridisciplinarité de la Conception de Produits Nouveaux, enrichie par les travaux de LE COQ (1992), RICHIR (1994), MILLET (1995) et de CHRISTOFOL (1995), a permis de proposer des modèles alternatifs, originaux, s'appuyant sur des théories appelées « prescriptives » engendrant des « démarches prescriptibles ». CHRISTOFOL (op.cit.), s'appuyant sur les travaux de PROST (1992, p170) a démontré que ces démarches prescriptibles étaient des enchevêtrements des théories normatives et des théories descriptives¹⁶, permettant d'organiser des démarches de conception qui respecte l'autonomie nécessaire à la créativité de chacun des acteurs, et qui s'adapte aux objectifs et aux données spécifiques du projet.

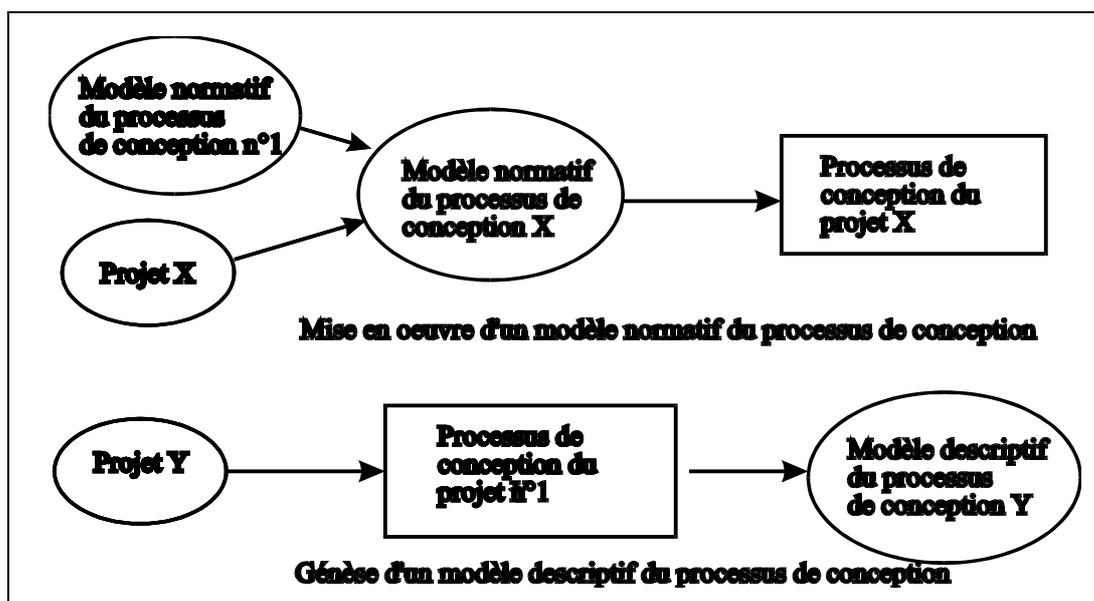


Figure 18 : modèle normatif/modèle descriptif d'un processus de conception

¹⁶ « la conception procède d'un enchevêtrement entre des énoncés normatifs qui fondent la notion de problème et celle de solution, et des énoncés descriptifs et/ou explicatifs qui permettent de développer les dimensions caractéristiques factuelles attachées au problème et à la solution » (PROST, 1992, p.170). Selon CHRISTOFOL, les démarches normatives réduisent l'autonomie des acteurs de la Conception de Produits Nouveaux en les guidant dans leur démarche...Elles brident la créativité en imposant une forme de raisonnement (souvent déductif)...les modèles descriptifs se proposent d'expliquer le déroulement d'un cas de Conception de Produit en respectant les approches particulières de chacun des acteurs du processus...Mais ces modèles ne sont pas conçus pour organiser a priori une démarche de conception.

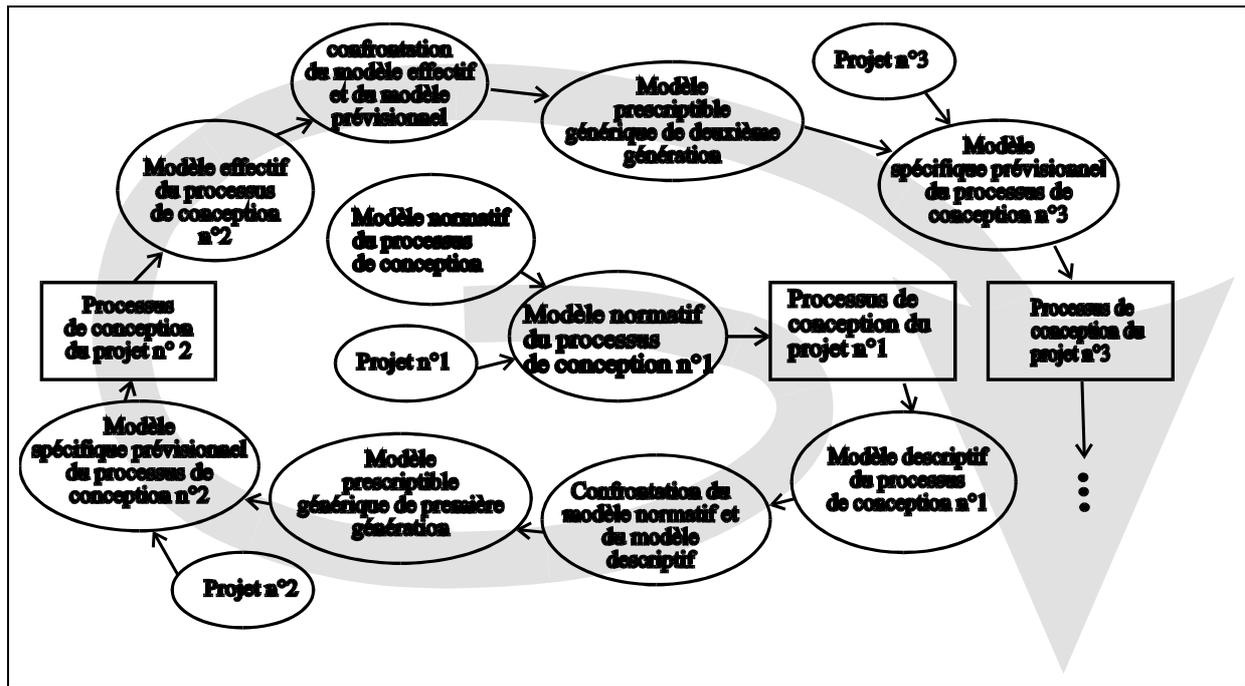


Figure 19 : (re)construction d'un modèle prescriptif du processus de conception au cours de ses mises en oeuvre normatives, de ses modélisations descriptives et de ses (re)modélisations. (d'après CHRISTOFOL, 1995)

La démarche d'AOUSSAT (à laquelle nous adhérons pour avoir participé à son élaboration), doit être réinterprétée à la lumière des travaux récents sur le sujet, comme étant une méthode générale, servant de guide pour la construction d'un scénario de projet. Son phasage ne doit pas exclure des recouvrements de tâches. Les diverses méthodes prescriptibles¹⁷ qui s'y rattachent, la composent et l'enrichissent, mettent en oeuvre des équipes pluridisciplinaires, et rendent cette démarche générale assimilable dans la pratique, à une démarche d'Ingénierie Simultanée. L'intérêt d'une présentation de cette démarche sous forme de phases, est de la rendre très opérationnelle car intelligible pour une équipe de conception et des chefs de projet relativement peu expérimentés en gestion de projet¹⁸. Par contre, la prise en compte des risques, liés aux anticipations de phases, n'est pas formalisée. Or un projet de Conception de Produits Nouveaux présente des risques d'échecs souvent importants, et est soumis à des aléas. Ces aléas peuvent entraîner à plusieurs reprises des réorganisations du projet, (tout en gardant la même trame de base au niveau du phasage du projet). Il nous apparaît qu'il s'agit là d'un manque important en matière de management de

¹⁷ « l'Architecture produit » de LE COQ, (1992) « l'approche singulière » dans le domaine du jouet de RICHIR (1994), « le processus de coloration d'un produit » de CHRISTOFOL, (1995).

¹⁸ Ce qui est souvent le cas dans les projets que nous dirigeons, dans le cadre de la formation de jeunes ingénieurs et dans le cadre d'activités d'assistance technique auprès d'entreprises (en particulier les PME-PMI), pour la Conception de Produits Nouveaux.

projet de Conception de Produits Nouveaux qui suggère un besoin de méthode d'analyse de risque projet aux niveaux préventif et correctif.

2.6. Méthodes et outils de la conception de produits nouveaux

Plusieurs ouvrages et travaux de thèse ont traité ce sujet ces dernières années. Aussi nous nous contenterons de rappeler pour mémoire les principaux outils auxquels nous nous référerons dans la suite de ce document¹⁹. Cette liste n'est pas exhaustive mais elle rappelle la diversité des compétences et des métiers nécessaires à la conception de produits nouveaux. Elle suggère les difficultés de trouver des langages communs entre les partenaires de l'entreprise pour concevoir un produit.

L'analyse fonctionnelle :

L'Analyse Fonctionnelle a pour objet de déterminer les fonctions d'un produit en terme de service à rendre, en dehors de toute référence à des solutions. Elle est réalisée par un groupe de travail pluridisciplinaire et prépare la recherche de solutions.

Le design

La définition donnée par l'ICSID²⁰ du Design Industriel est :

« Activité créatrice dont le but est de déterminer les Qualités formelles des objets produits industriellement. Ces Qualités formelles ne concernent pas seulement les caractéristiques extérieures, mais principalement les rapports de structure et de fonction qui convertissent un système en une unité cohérente tant du point de vue du producteur que du consommateur ».

L'analyse marketing

Le Marketing est un état d'esprit et un ensemble de techniques organisées autour de la difficulté croissante des entreprises à connaître le marché, à s'y adapter, et à agir sur lui. Ces techniques sont les études de marché dans lesquelles on trouve un ensemble d'outils mathématiques et statistiques pour les enquêtes par sondage, les études de motivations ou de comportement d'achat, les panels de consommateurs, les méthodes de prévisions commerciales. Ce sont aussi les méthodes de recherche et de sélection de produits, de fixation des prix, d'organisation du système de distribution. Et enfin, les moyens de communication, avec la publicité et les techniques de vente.

¹⁹ Voir entre autres : R. DUCHAMP, La conception de Produits Nouveaux" HERMES, Paris, 1989.

²⁰ ICSID : International Council of Societies of Industrial Design.

La créativité

La créativité est l'aptitude à produire des idées originales et réalisables. Cette aptitude est présente chez tout être humain. Elle dépend cependant de plusieurs facteurs : la flexibilité (sortir des idées établies), la fluidité (s'autoriser la quantité), l'originalité (accepter et rechercher les idées choquantes), l'élaboration (envisager tous les aspects très pratiques pour concrétiser l'idée). L'attitude créative repose sur la pensée positive : dans tout problème gît une opportunité cachée. Deux grandes familles de méthodes ont été élaborées. Les méthodes systématiques (axées sur les études morphologiques, combinatoires, et du hasard, telles que les matrices de découvertes, les méthodes combinatoires, les processus de hasard) et les méthodes aléatoires (axées sur l'analogie entre le langage et les processus de création tels que le concassage, le remue méninges (brainstorming)). Ces méthodes sont généralement utilisées en groupe par un animateur spécialisé chargé de libérer le groupe de sa vision quotidienne.

L'ergonomie

L'ergonomie est une activité interdisciplinaire, étudiant le fonctionnement de l'homme en activité dans le but de concevoir des outils, machines et systèmes qui puissent être utilisés avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité. DANIELLOU²¹ précise que cette discipline "*...étudie l'activité de travail afin de contribuer à la conception de moyens de travail adaptés aux caractéristiques physiologiques et psychologiques des êtres humains avec des critères de santé et d'efficacité économique*".

3. CONCEVOIR DES PRODUITS NOUVEAUX : UNE ACTIVITE QUI SE GERE

Nous avons montré, dans les chapitres précédents, que la Conception de Produits Nouveaux était un processus complexe, dans lequel des hommes divers échangent des informations et mettent en oeuvre des concepts et des techniques variées. De ce chaos apparent, il est possible de faire ressortir des éléments structurés, ordonnés, que l'on peut gérer en vue d'atteindre le but de l'entreprise : mettre à la disposition de ses clients, des produits qui assurent à l'entreprise des ressources financières. L'objet de cette partie est de montrer qu'un chef de projet dispose de techniques de gestion de projet qui lui permettent de réduire la part d'incertitude induite par la complexité du processus qu'il doit mettre en oeuvre.

²¹DANIELLOU F. Ergonomie et Neurophysiologie du travail - cours B4 - Collection cours du CNAM, 1990-1991.

3.1. Définition de la gestion de projet

Selon la norme X50-105 de l'AFNOR²², un projet est « *une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir* » et « *est mis en oeuvre pour élaborer une réponse au besoin d'un utilisateur, d'un client ou d'une clientèle. Il implique un objectif et des actions à entreprendre avec des ressources données* ».

Concrètement, un projet est un ensemble de tâches, planifiées dans le temps, associées à des moyens humains, techniques et financiers. Le travail d'un chef de projet « produit nouveau » est de définir et gérer ces tâches.

Tout projet se décline sous trois catégories d'objectifs [GIARD (1991)]²³ :

- *L'objectif de performances techniques : spécifications fonctionnelles et caractéristiques techniques du produit.*
- *L'objectif de délai : les besoins évoluant dans le temps, une réponse à ce besoin n'est valable que pendant une période de temps plus au moins variable. Un projet doit donc aboutir au résultat attendu, dans la période limitée de validité de cette réponse au besoin. Trop tôt ou trop tard engendre un produit mort-né.*
- *L'objectif de coût : il est fonction des moyens mis en oeuvre pour tenir les objectifs techniques et les objectif de délais.*

Ces trois objectifs sont fortement liés : les performances techniques seront d'autant plus faciles à tenir que les délais seront larges et les ressources financières importantes, et inversement.

3.2. Gestion de projet : méthodes et outils

La Gestion de Projet fait appel à des méthodes et outils permettant de gérer Tâches/Temps/Moyens dès lors que ceux ci ont été définis. La difficulté pour un chef de projet responsable d'un projet Innovant étant justement de définir ce système Tâches/Temps/Moyens.

Nous rappelons, pour mémoire, dans les chapitres suivants, les méthodes de gestion de projet les plus courantes²⁴.

3.2.1. Gérer les tâches : l'Organigramme technique²⁵

²² AFNOR, norme X 50-105, *Le management de projet: concepts*, août 1991, AFNOR, Paris

²³ GIARD, Vincent, (1991) *Gestion de projets*, Economica, Paris

²⁴ CHVIDCHENKO I., CHAVALIER J., *Conduite & gestion de projets*, Cépadués Editions, Toulouse, 1994. ; Ainsi que : CHVIDCHENKO I., *Gestion des grands projets*, Cépadués Editions, Toulouse, 1993.

L'organigramme technique est une décomposition du programme selon une structure arborescente regroupant l'organigramme technique du produit (O.T.P.) et la structure hiérarchisée des travaux (S.H.T.). L'Organigramme Technique identifie et classe :

- les constituants du système, objet du programme,
- les types de tâches à effectuer, au titre du programme,
- les moyens dont il faut disposer ou que l'on doit fabriquer pour effectuer ces tâches.

L'objectif est donc de posséder une description détaillée du programme, permettant une gestion d'autant plus aisée que les blocs à gérer sont petits. Le principe de la méthode est de s'appuyer sur une structure en niveaux successifs pour décomposer la réalisation projetée en objectifs partiels.

25 "Organigramme technique des Tâches" = W.B.S. : Work Breakdown Structure"

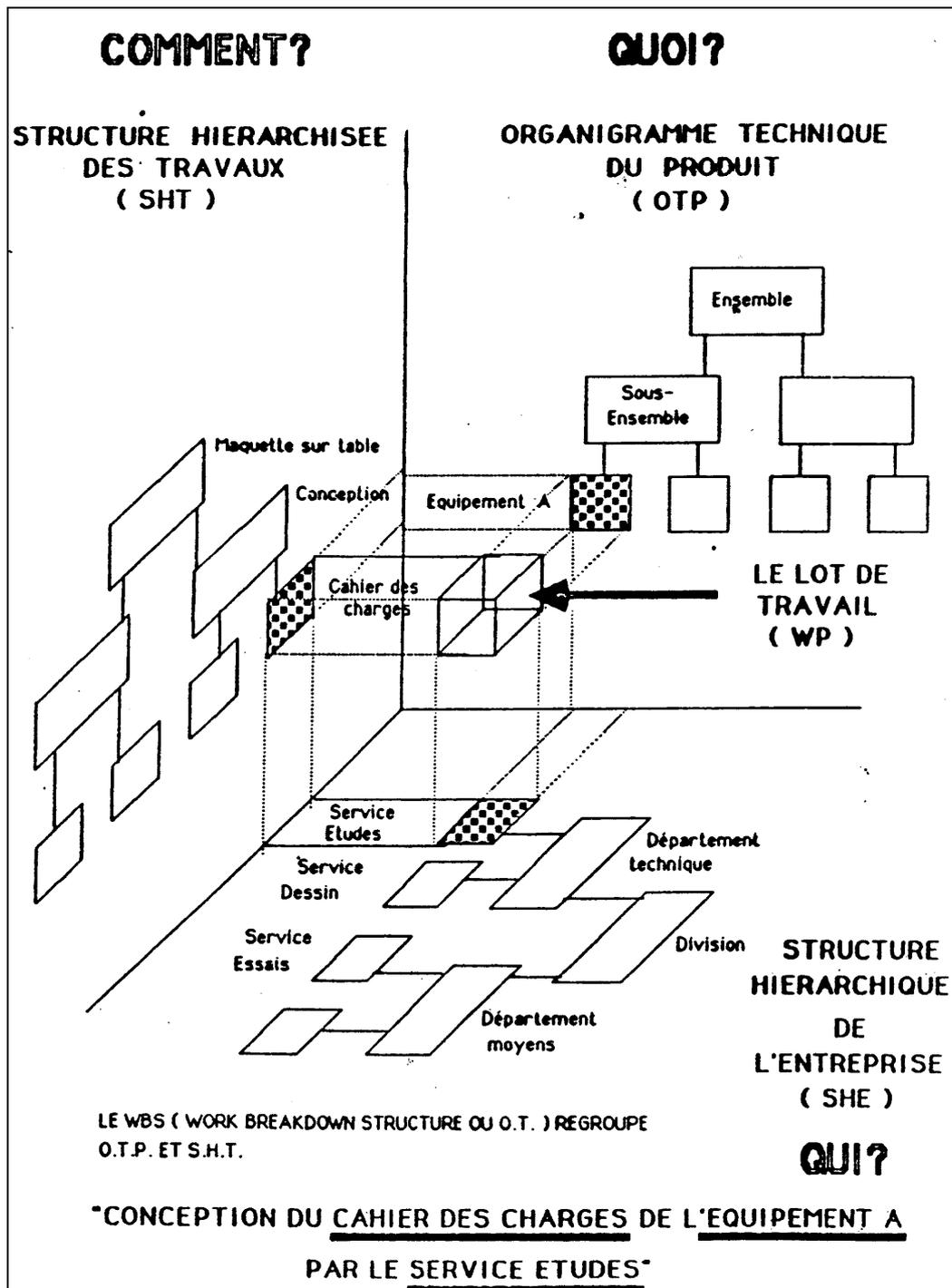


Figure 20 : Organigramme Technique [DGA/STEN/QM, (1986)]

Au premier niveau figure l'ensemble de la réalisation sous la forme d'un objectif final. Celui-ci se trouve décomposé au second niveau en ensembles complets bien identifiés. Chacun de ces ensembles est à son tour décomposé à un troisième niveau en ensembles plus petits, qui constituent autant d'objectifs intermédiaires. On poursuit ainsi la décomposition jusqu'à ce qu'apparaissent les éléments de détails.

L'Organigramme Technique est mis au point dès les études préliminaires de faisabilité et entre dans le cadre du plan de développement²⁶.

Une des difficultés d'une telle décomposition peut être le choix d'un mode de décomposition. En fonction de quels critères doit-on l'effectuer ? Ces critères peuvent être géographiques, fonctionnels, budgétaires, techniques ou de responsabilités. Généralement un seul critère ne suffit jamais à conduire la décomposition d'un bout à l'autre. D'autre part, la définition d'une structure hiérarchisée des travaux ne doit pas s'accompagner systématiquement d'une planification linéaire et séquentielle des travaux : le fait de définir précisément des tâches par acteur du projet et concernant une partie du produit n'est pas incompatible avec une gestion de projet selon une démarche d'Ingénierie Simultanée.

Les éléments les plus fins de la décomposition arborescente appliquée au système fonctionnel (structure hiérarchisée de l'entreprise, contractants...) permettent de définir ce que l'on appelle des « lots de travaux ». Ces lots de travaux peuvent être eux-mêmes décomposés en tâches élémentaires et être affectés à un responsable unique.

Ainsi que l'exprime le schéma « Organigramme Technique » (cf. Figure 20 : Organigramme Technique, page 48) , les lots de travaux apportent des réponses aux questions : qui, quoi, comment ? Une telle description du projet est particulièrement utile dans le cadre de grands projets, faisant intervenir de nombreux acteurs internes et/ou externes à l'entreprise. Dans le cadre d'une PME, la lisibilité du « qui fait quoi comment ? » est souvent suffisamment claire pour s'affranchir d'un tel formalisme dans la définition des responsabilités et des interfaces.

3.2.2. Gérer le temps : la planification

Les tâches qui concourent à la réalisation d'un programme se caractérisent toutes par un certain délai de réalisation, la disponibilité de certains moyens nécessaires à leur réalisation, et certains liens de dépendance logique vis-à-vis d'autres tâches du programme. Le problème est donc d'élaborer, puis de gérer un planning qui soit une représentation fidèle du programme à réaliser.

La méthode la plus fréquemment employée est le graphique de GANTT. Ce système, bien que clair et simple, ne permet pas de représenter les liaisons logiques entre les tâches. Pour pallier à cette limitation, certaines méthodes telles PERT ou Potentiels, utilisent comme

²⁶ Voir méthodologie Qualité du service Qualité-Méthodes de la Direction des Engins (STEN/QM) de la DGA (Délégation Générale à

représentation graphique le réseau. Toutes les méthodes utilisant des techniques de planification par réseau permettent d'identifier les tâches critiques ce qui facilite l'ordonnancement du programme et l'affectation des ressources nécessaires à son exécution.

A. Planning de GANTT

Ce planning doit son nom à Henry L. GANTT, collaborateur de TAYLOR, qui l'a mis au point et développé en 1885. Le planning de GANTT comporte une échelle horizontale divisée en unités de temps (jours, semaines, mois...) et la liste verticale des éléments du projet. Des barres servent à indiquer les durées prévues ou réalisées pour l'exécution des tâches (cf. Figure 21 : planning de GANTT, page 50).

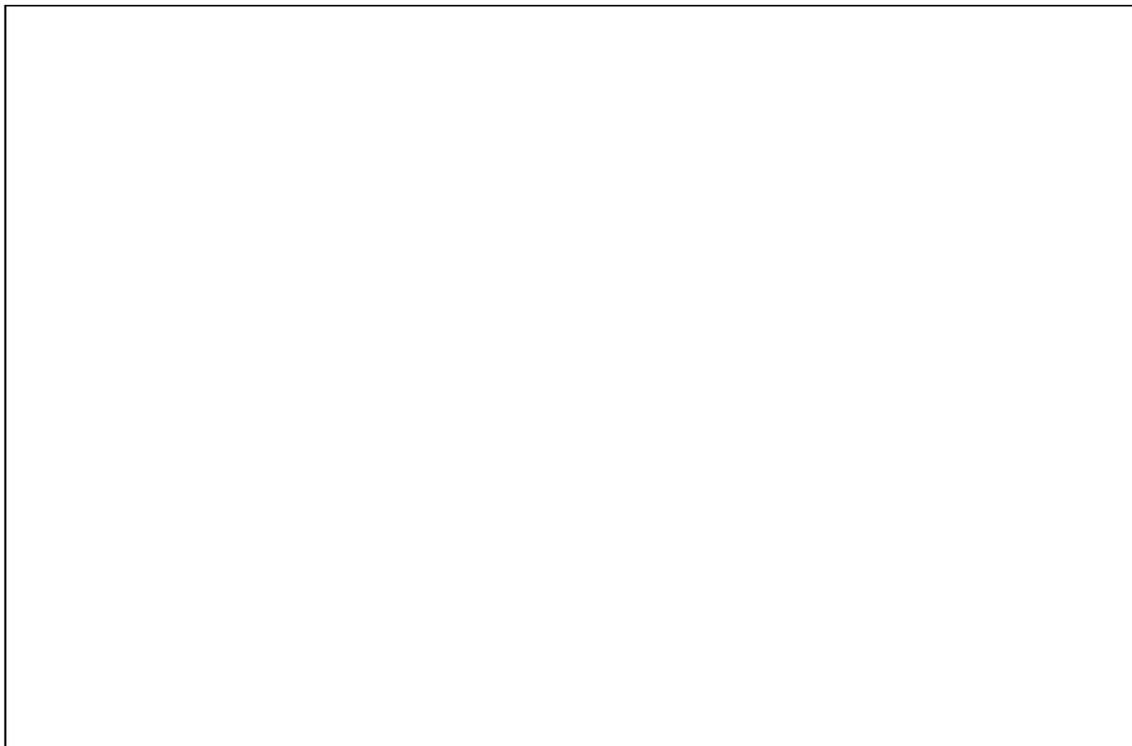


Figure 21 : planning de GANTT

Les plannings à barre sont couramment utilisés mais limités à un nombre relativement réduit d'opérations (100 à 200). Ils sont surtout employés en tant que sous-plannings opérationnels d'un système plus élaboré.

Le planning de GANTT présente plusieurs avantages :

- Il permet de représenter ensemble, le plan, l'ordonnancement et l'avancement effectif du projet. Il est particulièrement pratique pour montrer l'état des éléments du projet et faire apparaître ceux qui sont en retard ou en avance.
- Sa construction est aisée et sa représentation facilement compréhensible.

- Il permet, par cumul vertical, de dresser les plans de charge et les courbes de coûts (voir § 3.2.3 plans de charges page : 54 et § 3.2.5 "cost-control" page : 57).

Ses inconvénients sont :

- il ne permet pas de déterminer un chemin critique et donc l'impact du retard ou de l'avance d'un élément sur le projet.
- il ne donne pas suffisamment de détails pour détecter à temps les retards.
- il est difficile à tenir à jour, les articulations des opérations et les différentes contraintes n'y apparaissant pas.
- il n'est pas adapté à la simulation.
- les estimations de durées sont délicates sauf pour les travaux répétitifs.

En fait, le planning de GANTT est plus un outil de suivi des délais qu'un outil de prévision. Son meilleur atout est sa simplicité. Elaboré à partir d'un réseau de type PERT, il rend possible une visualisation rapide de l'avancement du projet ; c'est pourquoi il est encore souvent utilisé et intégré dans les logiciels de gestion de projet en complément de méthodes de planification plus complexes.

B. planification par réseaux

(a) Méthode PERT : Program Evaluation and Review Technic²⁷

La méthode PERT a pour objet la planification et le suivi de la réalisation des projets : c'est donc un outil de maîtrise des délais.

La démarche PERT se décompose en quatre phases :

- constitution du réseau : définition des tâches et des contraintes qui les lient (cf. Figure 22 : planning PERT page 52).
- Estimation des durées
- Calculs : date de réalisation au plus tôt, au plus tard, marges ...
- détermination du chemin critique : chemin le plus long du réseau.

La méthode PERT s'applique à toutes sortes de programmes. De plus elle permet d'utiliser toutes les possibilités de l'informatique. L'étude PERT doit être effectuée dès la phase de faisabilité et peut être remise en question tout au long du déroulement du projet.

- Ses avantages sont :
 - détermination du chemin critique permettant une gestion par exception.
 - Donne une vue claire de l'envergure du projet.
 - Permet de situer les responsabilités dans l'accomplissement des tâches particulières.
 - Permet de disposer, à tout instant, d'un planning chiffré du projet, avec des signaux d'alarme (marges nulles ou négatives) indiquant les zones d'interventions urgentes.

²⁷ Voir : LOCKYER K.G., Introduction à l'analyse du chemin critique, PERT, Dunod, Paris, 1969. et WOODGATE, H.S., Comment utiliser les plannings par réseaux, Les Editions d'Organisation, Paris, 1967.

- Permet la simulation. Evaluation rapide des conséquences d'un changement de politique.
- Ses inconvénients sont :
 - difficultés de mise en oeuvre : définition des tâches, niveau de détail et durées (s'appuyer sur l'organigramme technique et le travail de groupe pluridisciplinaire). Cet inconvénient est aussi un avantage en ce sens qu'il nécessite de préciser en permanence les données que l'on traite et à gérer le projet de façon prévisionnelle et corrective.
 - Risque d'additionner les erreurs.
 - Ne permet pas les contraintes de type « fin-début ».
 - Nécessite de redessiner tout ou partie du réseau quand on ajoute, supprime ou modifie des contraintes.

La méthode PERT et en général les méthodes à chemin critique, sont très utilisées en raison des nombreux avantages qu'elles présentent, et de l'apport de l'informatisation possible de ces méthodes.

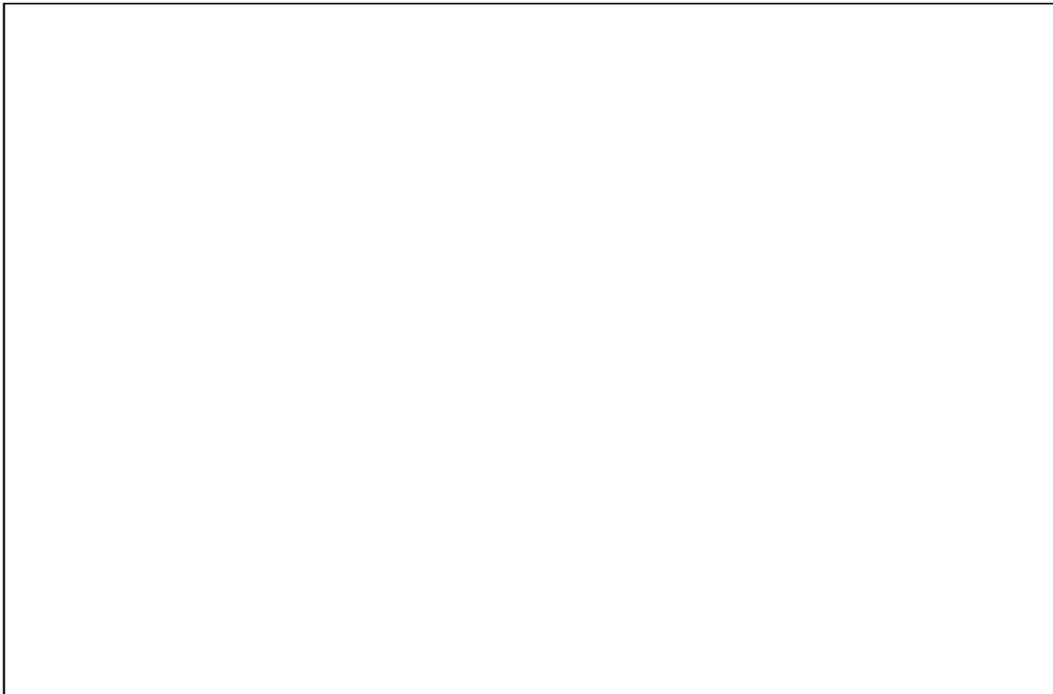


Figure 22 : planning PERT

(b) Méthode des potentiels²⁸

La méthode des potentiels est similaire à la méthode PERT mais utilise une représentation différente des réseaux : les sommets du réseau représentent les tâches, les arcs traduisant seulement les contraintes de succession entre celles-ci ().

²⁸ DIBON M.L., *Ordonnancement et potentiels, méthode MPM*, Dunod, Paris, 1980.

Avantages :

- suppression des tâches fictives.
- Ajout, suppression ou modification de contraintes très simples, sans redessin du réseau.
- Tous les types de contraintes sont possibles : chevauchement, attente de décalage, contraintes simultanées...

la plupart des logiciels de gestion de projet proposent les deux approches.



Figure 23 : méthode des potentiels

(c) Planning aléatoire.

La planification des projets se heurte à de nombreuses incertitudes : environnement commercial et technique évolutif, conditions météorologiques, saisonnières ou humaines. Un seul mois de glissement sur une activité « sensible » peut perturber l'ensemble du projet et occasionner un glissement réel beaucoup plus important sur la date de fin du projet. Il convient donc d'adopter une démarche visant à minimiser les risques de non-respect des délais : c'est l'objet du planning aléatoire.

Il s'agit d'introduire, au niveau du planning, une notion généralement employée en terme de contrôle de gestion financière : la notion de « provision pour risque de glissement » (time

contingencies). Ces provisions pour risque étant réparties judicieusement sur l'ensemble de l'ordonnancement du projet.

Les étapes sont les suivantes :

- 1/ bâtir un modèle déterministe de type réseau PERT fournissant les objectifs, les dates et marges, et le chemin critique déterministe.
- 2/ introduire des données probabilistes sur les activités et les relations : détermination de trois durées par activité : pessimiste, probable, optimiste (supposées réparties selon une fonction log-normale).
- 3/ effectuer le calcul de probabilité et en interpréter le résultat. Lorsque l'on remplace les valeurs déterministes par des données aléatoires, il n'y a pas de moyen mathématique de résoudre le problème : on utilise donc une simulation par la méthode de Monté-Carlo²⁹.
- 4/ Analyser les conséquences sur le planning déterministe, modifier les objectifs en conséquence. Le calcul aléatoire a donné deux éléments : des intervalles de temps sur les objectifs choisis (courbes de densité de probabilités et choix de la date qui convient le mieux en fonction du niveau de risque acceptable), et des niveaux de criticité des différentes activités (c'est la probabilité qu'une activité a de se trouver sur le chemin critique pendant la réalisation du projet). Il s'avère que souvent, les activités présentant le plus haut niveau de criticité n'appartiennent pas au chemin critique déterministe.
- 5/ Proposer un nouveau planning déterministe prenant en compte « les provisions pour risque » réalistes.

Utiliser un planning déterministe est simple mais parfois irréaliste. Travailler en aléatoire est satisfaisant en théorie mais difficile à faire vivre en continu.

3.2.3. Gérer les moyens : les plans de charges

Dès la phase d'étude préliminaire, il est nécessaire de prévoir les besoins en main-d'oeuvre et en matériel au cours du projet. Ces prévisions de charges, comparées aux disponibilités, permettent d'établir les plans de charges en répertoriant les besoins en moyens (humains et matériels) pour chaque activité. Puis on cumule ces charges par période et pour chaque type de moyen. Enfin on détermine des courbes de charges, généralement présentées sous forme d'histogrammes. Ces courbes sont établies au niveau des lots de travaux de l'organigramme technique, d'un ensemble de lots ou pour l'ensemble du projet. Pour chaque catégorie de moyens, une comparaison entre le plan de charge et les ressources disponibles met généralement en évidence des dépassements de la capacité normale et des périodes de sous-emploi. Des calculs de nivellement ou de lissage des charges peuvent être effectués en déplaçant des tâches ou en jouant sur les marges. Ces calculs et ces corrections sont en

²⁹ La méthode de Monté-Carlo permet de reconstituer l'apparition d'événements aléatoires grâce à l'utilisation de séries de nombres préalablement tirés au hasard, ou de générateurs de nombres aléatoires. Un nombre est tiré au hasard, par exemple entre 0 et 99, et on fait correspondre à chaque intervalle de nombre, un événement donné. La correspondance étant effectuée au moyen d'une loi de probabilité.

général délicats et nécessitent l'utilisation de l'informatique. De nombreux logiciels proposent ces formes de gestion des ressources.

3.2.4. Gérer les coûts

Lors du déroulement d'un projet, il s'avère très important de pouvoir estimer les coûts, le plus justement et le plus tôt possible. Les trois phases importantes d'un projet qui sont les « Etudes Préliminaires ou études de faisabilité », les « Etudes de Conception », et le « Développement » se distinguent par une définition différente du projet (on passe d'une définition du projet par fonctions à une définition par tâches nécessaires à son exécution), par les engagements financiers, par les besoins d'informations et par les méthodes de gestion utilisées. Les estimations de coût doivent donc s'adapter à ces différentes phases d'un projet.

On distingue trois méthodes d'estimation différentes, chacune associée à une phase³⁰ (cf. Figure 24 : Tableau de l'approche des coûts en fonction des phases Projet, page 55)

- Etudes Préliminaires : méthodes analogiques
- Etudes de Conception : méthodes paramétriques
- Développement : méthodes analytiques

	ETUDES PRELIMINAIRES	ETUDES DE CONCEPTION	DEVELOPPEMENT
DEFINITION DU PROJET	Par Fonction S.H.F. (structure fonctionnelle)	Par Produit S.H.P. (Structure du produit - WBS)	Par Tâche S.H.T. (Structure des travaux)
APPROCHE DES COÛTS	méthode Analogique (ordre de grandeur)	méthode Paramétrique (à environ 20%)	méthode Analytique (à environ 5%)

Figure 24 : Tableau de l'approche des coûts en fonction des phases Projet

Au stade « Etudes Préliminaires », le chiffrage des grandes étapes du projet ne peut se faire qu'en se basant sur l'expérience pour obtenir un ordre de grandeur du coût global du projet.

³⁰ Le modèle retenu pour définir ces phases est linéaire : il n'est pas valide dans le cas d'un projet qui comporterait des allers et retours nombreux entre ces différentes phases. Il nous semble d'ailleurs qu'un tel projet pourrait être assimilé à ce que l'on appelle « développement exploratoire » dans le domaine de l'armement, ou « conception de produit sur étagère » dans le domaine automobile. La gestion financière de tels projets s'apparente alors plus à celle d'un programme de recherche, sous forme forfaitaire, qu'à celle d'un développement de produit industriel, pour lequel les objectifs de résultats sont impératifs et validés tout au long des revues de projet. Par contre, le fait que ce modèle soit linéaire ne sous entend pas une gestion séquentielle des tâches au sein de ces phases, et est applicable dans une démarche en Ingénierie Simultanée.

On utilise alors la méthode analogique d'estimation de coût qui consiste à estimer le coût d'une réalisation à partir de comparaisons avec des réalisations similaires terminées dont le coût est connu. Ceci implique un jugement nécessairement subjectif, et suppose que l'entreprise conserve l'historique de tous ses projets. C'est une méthode qui peut être rapide et peu coûteuse mais elle ne fournit des résultats fiables que si elle est appliquée avec rigueur.

Les méthodes paramétriques d'estimation de coût utilisables au stade « Conception » doivent être cohérentes avec l'état de définition du projet. On s'appuie généralement sur le « concept Produit » : on ne sait pas précisément comment il sera fabriqué mais on possède un certain nombre de caractéristiques physiques ou paramètres, tel que la masse, le volume, l'énergie absorbée, etc... à partir desquels on peut faire des estimations.

On distingue deux types de méthodes paramétriques qui se différencient par leur conception et par leur mode d'utilisation : les formules d'estimation de coût (F.E.C.) et les modèles.

Les formules d'estimation de coût (F.E.C.) sont des relations simples reliant le coût d'un produit à un nombre limité de paramètres décrivant le produit. En général, on se limite aux relations linéaires ou multiplicatives (qui se linéarisent en passant par des algorithmes) du type : $Y = B_0 + B_1X_1 + \dots + B_nX_n$ (avec $Y =$ coût d'un produit, $X =$ les paramètres, $B_i =$ coefficients à déterminer). Toute F.E.C. se limite à un type de produit, une technologie et un contexte industriel. Les FEC ont une durée de vie relativement courte et n'ont d'intérêt que si elles sont données avec des intervalles de confiance.

Les modèles sont des représentations mathématiques de la façon de travailler d'une entreprise. Ils se veulent donc « universels. Ils doivent être étalonnés par l'utilisateur. Un modèle couramment utilisé est le modèle PRICE de R.C.A.(cf Figure 25 : modèle PRICE page 57).

Au stade développement, on ne raisonne plus en terme de produits, mais en terme de tâches à accomplir relativement bien connues. On peut donc valoriser séparément chaque activité par des méthodes analytiques d'estimation de coût.

JCHIBI@PRICE

PRICE Input Data Worksheet						File name: Sheet ___ of ___
Basic Modes						
**PRICE 84 (This must be used only as the first line of the file.)						
Title:						Date:
General A	Production Quantity QTY	Prototypes PROTOS	Weight (lbs) WT	Volume (ft ³) VOL	MODE	1 EM ITEM 2 MECHANICAL 3 ITEM 4 MODIFIED 5 ECIRP 6 DESIGN TO
General B	Quantity/Next Higher Assembly QTYNHA	WHA Integration Electronic INTEGE	Factors Structural INTEGS	Specification Level PLTFM	Year of Economics YRECON	Year of Technology YRTECH
Mechanical/Structural	Structure Weight WS	Manufacturing Complexity MCPLXE	New Structure NEWST	Design Report DESRPS	Equipment Classification MECID	Mechanical Reliability MREL
Electronics	Electronics Weight/W ³ WECE	Manufacturing Complexity MCPLXE	New Electronics NEWEL	Design Report DESRPE	Equipment Classification CMPID	Electronic Reliability EREL
Development	Development Start DTSTART	Test Prototypes Complete EPPRTE	Development Complete ECPRI	Engineering Complexity SCMPLX	Testing & Test Equip DTLQTB	Production Activity PRMPLX
Production	Production Start PTSTART	Final Article Delivery PFAD	Production Complete PPEND	Final Production Plan CPP	Testing & Test Equip PTLQTB	Rate/Manh Tooling RATOOL
Actual Cost Data (Mode 7 only)	Average Unit AUCOST	Production Total PTCOST	Prototypes PRCOST	Development Total DTCOST		
Additional Data (Mode 10 only)	Electronic Volume Fraction EISVCH	Structural Weight/W ³ WSA	Target Cost TARCBT			
Notes:						

Figure 25 : modèle PRICE

3.2.5. Le "cost-control"

Le "cost-control" est au Projet ce que le contrôle de gestion est à l'entreprise. Il est le tableau de bord qui permet de faire le point et constitue un moyen d'information sur la « santé » du projet. L'un des points clés du "cost-control" est la notion d'engagement, c'est à dire la prise en compte d'une dépense avant qu'elle n'intervienne. Ainsi, le "cost-control" doit permettre une meilleure appréciation des risques. Il répond au besoin de connaître, au cours des différentes phases du projet :

- l'état de la situation à un moment donné
- Son évolution probable
- Les écarts par rapport aux prévisions initiales
- La cause de ces écarts
- Les possibilités de réduction de ces écarts.

Les budgets engagés par lot de travail³¹ sont définis à partir des plannings, complétés par des informations sur les charges directes et indirectes des activités. Ces budgets se présentent

³¹ Voir Organigramme Technique, page : 48

sous la forme de courbes en « S » (cf. Figure 26 : schéma "cost-control" page 58). On obtient le budget prévisionnel par addition de façon ascendante des différents budgets.

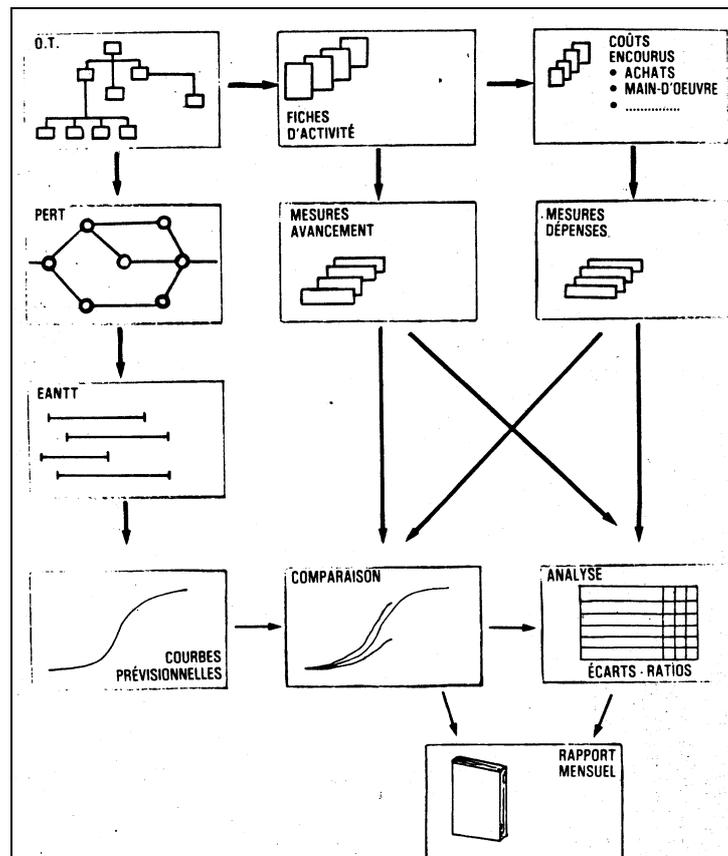


Figure 26 : schéma "cost-control"

4. CONCEVOIR POUR LE CLIENT, DANS L'INTERET DE L'ENTREPRISE : UNE EXIGENCE DE QUALITE

La conception de produits nouveaux est une partie opérationnelle du processus d'Innovation qui a pour objet de définir un produit ou un service ayant une fonctionnalité particulière et se conformant à certaines spécifications. Nous avons montré que ce processus est complexe, instable, et met en oeuvre un grand nombre de techniques dans le but d'atteindre les objectifs que l'on s'est fixé, en terme de coûts, délais et qualité. Les notions de coûts et de délais sont des contraintes bien connues dans les entreprises. Par contre, la notion de qualité est relativement nouvelle pour les concepteurs. Ils ont à en tenir compte pour les produits qu'ils développent mais elle s'applique également de plus en plus comme une contrainte et/ou une aide, pour le projet lui même.

Nous allons voir dans les chapitres suivants, en quoi les concepts qualité et facteurs de réussite d'un projet de conception de produits nouveaux sont intimement liés. Nous

rappellerons, dans un premier temps, que la qualité, dans la pratique industrielle qui nous concerne, n'est pas une notion subjective et floue : ses concepts sont clairement définis, et reconnus au niveau international dans le cadre, en particulier, de normes industrielles. Nous nous intéresserons ensuite à l'histoire de la qualité ce qui nous permettra d'identifier le sens d'évolution de ces concepts. D'abord concentrée sur le contrôle de la fabrication des produits, la qualité a évolué vers des concepts et des techniques de maîtrise des processus de production. Ces nouveaux concepts se généralisent de plus en plus à l'ensemble de l'entreprise et nous montrerons que les chefs de projets de Conception de Produits Nouveaux sont non seulement concernés par ces concepts qualité : ils doivent être totalement impliqués dans ces démarches qualité. Par son influence sur l'organisation de l'entreprise, la coordination des activités et l'apport de méthodes de travail, la qualité est à la fois l'affaire de chaque acteur de l'entreprise et celle de tous ensemble. Elle intervient au coeur des activités mais aussi aux interfaces (cf. Figure 27 : la qualité au coeur des activités et aux interfaces., page 60). Nous montrerons que dans le cas de la Conception de Produits Nouveaux, la qualité des projets peut s'appuyer sur des référentiels normalisés, la prévention, le retour d'expérience et la transmission du savoir faire. Autant d'éléments qui constituent à la fois aides et contraintes pour les chefs de projet.



Figure 27 : la qualité au coeur des activités et aux interfaces.

4.1. La qualité : une définition normalisée

Selon David A. GARVIN (1987),« *Lorsqu'un consommateur parle de qualité, il veut dire beaucoup de choses différentes ; aussi est-il difficile de concevoir des produits satisfaisant toutes les exigences en même temps* »³². Si cette notion de qualité est floue et subjective pour le consommateur commun, il en est tout autrement pour les entreprises.

³² GARVIN, David A. "competing on the Eight Dimensions of Quality", HbR, 1987, p. 101

Le « concept qualité » a été défini dans le cadre de la Norme Internationale ISO 8402 et par la Norme AFNOR³³ NFX 50-120 comme étant :

« l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites ».

La qualité est donc une notion relative. La qualité d'une cigarette ne sera pas définie selon les mêmes critères selon qu'elle sera exprimée par un fumeur, un médecin ou le marchand de tabac (cf. Figure 28 : la qualité, une notion relative, page 61).

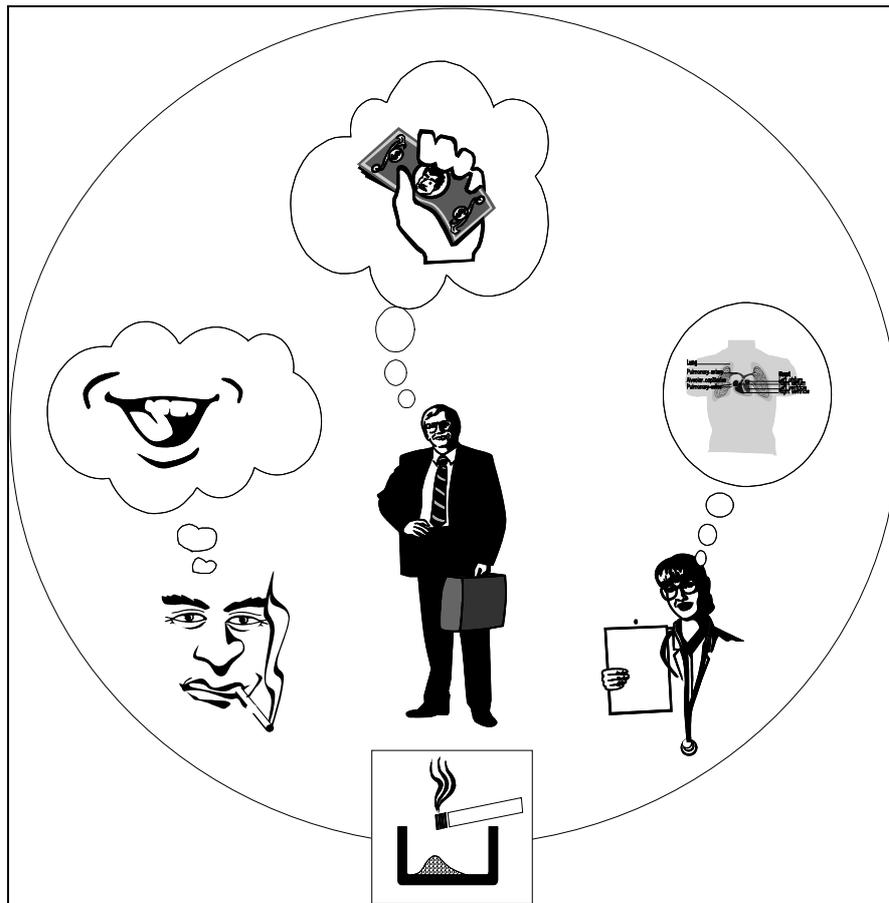


Figure 28 : la qualité, une notion relative

La norme précise de plus :

« Dans un contexte contractuel, les besoins sont spécifiés, tandis que dans d'autres contextes les besoins implicites devraient être identifiés et définis... les besoins peuvent changer avec le temps,... le terme Qualité n'est pas utilisé pour exprimer un degré d'excellence dans un sens comparatif... non plus dans un sens quantitatif pour des évaluations techniques... la qualité d'un produit ou service est influencée par de nombreuses

³³ AFNOR : Association Française de Normalisation - 92049 Paris la Défense

phases d'activités interdépendantes, telles que la conception, la production, le service après-vente et la maintenance.... ».

La qualité est un résultat qui se constate en utilisation, donc, en général, quand il est trop tard pour faire quelque chose. Aussi est-il important de mettre en place, tout au long du processus d'élaboration d'un produit nouveau, des méthodes et des outils de travail pour construire et assurer sa qualité.

C'est le résultat des actions de tous les intervenants d'un projet innovant.

4.2. La qualité : histoire d'une pratique industrielle

Les exigences du management de la qualité ne sont pas un phénomène de mode. Depuis toujours, les créateurs de produits divers, les bâtisseurs des temples antiques et des cathédrales, les fabricants d'armes ou de navires travaillaient avec méthode. La notion de qualité est apparue avec le contrôle de la fabrication des produits et le caractère systématique de dispositions visant à réduire le nombre de défauts de ces produits. Ces concepts ont évolué et ont étendu leur champ d'action en amont (marketing, conception ...) et en aval (installation, après-vente, soutien logistique, etc ...). Cette généralisation de l'application de la qualité, appelée "maîtrise totale de la qualité", est à la base des systèmes qualité modernes. Lorsque ces principes deviennent véritablement des modes de management de la qualité et de management par la qualité, on parle alors de "Qualité totale". Ils préconisent en particulier, la prévention, la mesure, l'amélioration progressive et permanente, la maîtrise des processus. Nous montrerons dans les chapitres qui suivent, que les chefs de projet ne peuvent échapper à ce qui apparaît comme une tendance inexorable : la maîtrise des processus de Conception de Produits Nouveaux.

4.2.1. Du contrôle du résultat...

A l'époque préindustrielle, du Moyen-Age à la fin du XVI ème siècle, la conception et la fabrication des produits sont motivées par leur usage pratique. Les produits sont fabriqués par les artisans du village, formés à la rude école du compagnonnage qui développe la créativité et la notion d'excellence. Le travail est essentiellement manuel et l'artisan est proche de son client, utilisateur du produit. Cela crée une relation privilégiée entre l'artisan et le produit, ainsi qu'entre l'artisan et l'utilisateur du produit.

Avec l'essor des moyens de communication entre le XVI ème et le XX ème siècle, le développement des villes et des ports de commerce, on assiste à une modification du paysage économique international. La notion de concurrence apparaît et le consommateur devient

critique et exigeant. Des manufactures se créent pour produire en quantité. Mais c'est aussi le début de la perte de contact entre l'artisan et le client. Ceci entraîne une perte de motivation des artisans devenus ouvriers travaillant dans des conditions de travail très rudes, peu propices à la Qualité. « *Il apparaît que cette époque ne conduira pas à de grandes préoccupations en matière de Qualité (à de rares exceptions près comme Colbert)* » [LAMBUSSON, (1988)].

C'est en pleine période de crise (krach boursier du 8 mai 1873 à Vienne) que Taylor fait ses débuts dans l'atelier de construction mécanique de la Midvale Steel Company en 1878.

Avec lui, naît l'organisation scientifique du travail dont le but est d'améliorer la productivité des ouvriers et de l'appareil de production, qui est devenu de plus en plus mécanisé. Le travail est divisé en tâches élémentaires et répétitives. La qualité devient étroitement liée aux performances des machines. De plus la prime à la Quantité pousse les ouvriers à faire « beaucoup de pièces » plutôt qu'à faire de « bonnes pièces ». L'objet produit n'a plus de sens et passe au second plan devant la machine toute puissante, que l'on respecte et qui fait l'objet de la fierté des ouvriers qualifiés. Le contrôle de la Qualité est assuré par la maîtrise qui procède au tri entre les pièces conformes et celles qui ne le sont pas.

La période entre les deux guerres voit se développer le contrôle statistique de la Qualité comme solution à la persistance des problèmes rencontrés en fabrication. En 1924, la Western Electric Company demanda à un de ses ingénieurs, JONES, "*de garantir la qualité finale des appareils téléphoniques. C'est à dire d'atteindre la satisfaction des clients au moindre coût* » [FEY, (1981)]. JONES crée et anime alors un service appelé « Quality Assurance Department » composé de H.F. DODGE, H.G. ROMIG, G.D. EDWARDS, W.A. SHEWHART qui « *définirent des méthodes statistiques d'échantillonnage par lots, et publièrent des tables qui sont toujours d'usage courant dans l'industrie* » [FEY, (op.cit.)]. D'autre part, des normes apparaissent, en particulier aux Etats Unis avec les « Military Standard ».

La deuxième guerre mondiale entraîne un renforcement de ces normes, du contrôle statistique de la Qualité, ainsi que le développement de la standardisation dans le domaine de l'armement. Le problème était de livrer avec certitude et en grande quantité, du matériel en parfait état de marche.

Le retour à la croissance après la guerre et le besoin de compétitivité des entreprises met en évidence les limites du contrôle statistique de la Qualité qui ne se préoccupe que des problèmes de fabrication. C'est ainsi qu'apparaît l'Assurance Qualité « *Ensemble des actions*

préétablies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfera aux exigences données relatives à la Qualité » [AFNOR, (1992)].

Les responsabilités sont décentralisées, les tâches s'enrichissent et se décloisonnent, les relations client / fournisseur deviennent contractuelles et se négocient. L'assurance Qualité amène les entreprises à s'attaquer aux causes des problèmes autant qu'à leurs effets.

Puis la situation économique internationale exigeant des entreprises qu'elles soient de plus en plus compétitives, le concept de gestion de la qualité apparaît, entre autres sous l'impulsion du docteur JURAN (1983) et de la J.U.S.E. (Japan Union of Scientifics and Engineers) en 1954.

« Les promoteurs de la gestion de la Qualité constatent que de nombreux aspects organisationnels gênent la qualité. Vouloir résoudre le problème de la qualité par des contrôles de spécification au niveau de la production n'est pas suffisant. Il faut repenser l'organisation de la conception et de la production de façon à diminuer le nombre et le coût des contrôles, mais également introduire le concept qualité dans les services connexes à la production » [LAMBUSSON (op. cit.)].

Au début des années 60, FEIGENBAUM (1984) pose les bases du Total Quality Control (TQC) en introduisant la notion de rapport Qualité-client qui se substitue à l'examen du rapport contrôle-spécification. *« La qualité résulte ainsi de la mobilisation permanente de toutes les fonctions pendant toute la vie du produit ou service considéré » [STORA, (1986)].*

Au-delà d'une vision organisationnelle des entreprises, c'est la prise en compte de l'homme, de ses aspirations, de ses défaillances et de ses capacités qui vont marquer les années 70 avec le développement des cercles Qualité. Ces groupes de travail créés au Japon [ISHIKAWA, (1981)] sont composés de volontaires. Chacun des membres assure *« ... en permanence : sa part dans l'action de la qualité totale de l'entreprise, le développement personnel et mutuel de ses membres, la maîtrise et le perfectionnement de leurs activités dans leur milieu de travail ».*

C'est cette prise en compte de l'aspect humain dans la démarche qualité, encore mal perçue dans une attitude trop gestionnaire de la qualité, que les promoteurs de la Qualité Totale vont mettre en oeuvre, en particulier au début des années 80 en France.

Selon STORA (op. cit.), la Qualité totale s'appuie sur :

- quatre concepts fondamentaux :
 - ⇒ une définition : la conformité aux besoins,
 - ⇒ une norme : le zéro défaut [CROSBY (1986)],
 - ⇒ une méthode : la prévention,

- ⇒ la mesure : la non-conformité se mesure,
- trois principes de gestion,
 - ⇒ l'engagement du management,
 - ⇒ l'adhésion de tout le personnel,
 - ⇒ l'amélioration rationnelle de la qualité.

« A partir des années 80, la Qualité devient l'enjeu n°1 dans la concurrence internationale » [APEC (1992)].

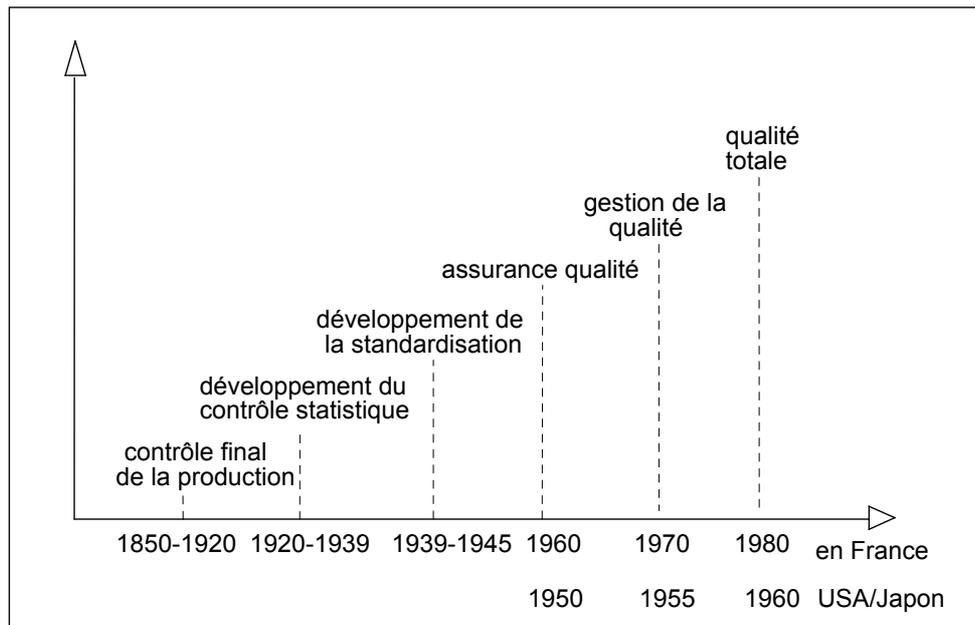


Figure 29 : la qualité : histoire d'une pratique industrielle

4.2.2. ... à la maîtrise du processus

J.L. LEMOIGNE (op. cit.) définit un processus par "son exercice et son résultat (un implexe) : il y a processus lorsqu'il y a, au fil du temps T , la modification de la position dans un référentiel [espace-forme], d'une collection de « produits » quelconques identifiables par leur morphologie (leur forme F). On le reconnaît à son résultat : un déplacement dans un référentiel « $T-E, F$ » ; on l'identifie par son exercice ».

Plus particulièrement, en psychologie cognitive, CAVERNI (1991)³⁴ définit un processus comme étant "une suite d'opérations mentales par lesquelles un sujet traite des informations à partir de connaissances structurées".

Selon MANIER (1990), "la capacité d'une entreprise à réussir sa qualité totale, dépend de sa puissance rationnelle, mais plus encore de sa capacité relationnelle. Le plus grand

³⁴ CAVERNI, J.-P. (1991) les processus d'évaluation. Document interne CREPCO.

obstacle à la qualité totale, serait une prise en compte insuffisante du facteur humain. En effet, les acteurs sont indissociables du processus et du produit". La stratégie d'une démarche qualité totale s'articule donc autour des moyens pour impliquer le personnel. Dans un premier temps, la démarche est de faire percevoir à chacun dans l'entreprise, le cadre de sa mission. Toute personne, toute unité de l'entreprise, a des missions et des activités dont chacune peut être considérée comme un processus produisant des sorties pour des clients et des entrées pour des fournisseurs. On amène chaque personne à dérouler son processus, y compris les moyens correspondant au falloir faire, devoir faire, savoir faire, pouvoir faire, vouloir faire.

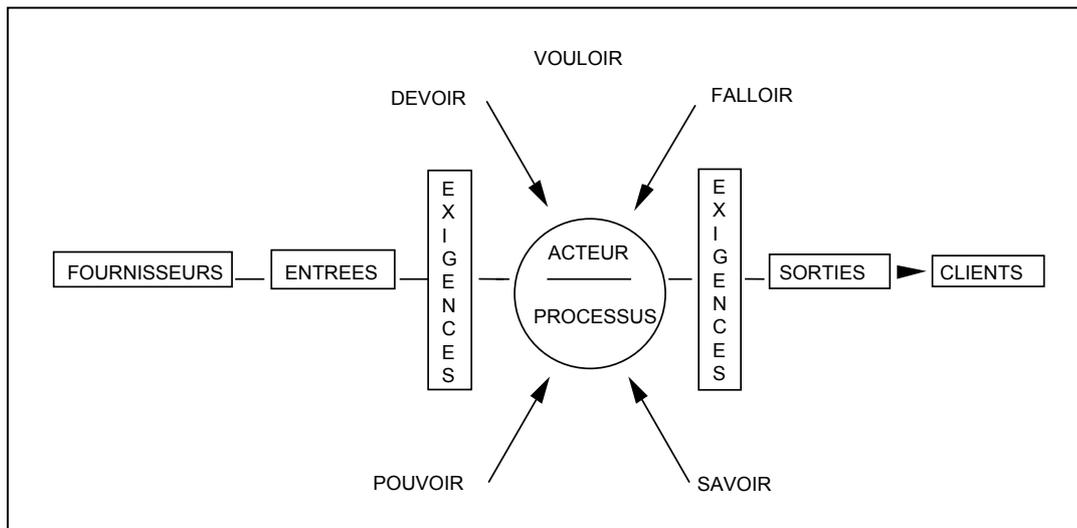


Figure 30 : modèle de processus dans le cadre d'une relation client/fournisseur [d'après MANIER (1990)]

De même, en production, le contrôle systématique et à posteriori est considéré comme une méthode obsolète qu'il faut s'efforcer de faire disparaître, quand cela est possible, au profit de la maîtrise des processus.

4.3. L'assurance qualité en conception : des référentiels normalisés pour donner confiance, tout en restant créatif.

On constate ces quinze dernières années, que les relations industrielles entre clients et fournisseurs évoluent favorablement à partir de relations de défiance vers des relations de confiance. Ceci est le résultat de la mise en place de systèmes d'assurance de la Qualité. En écrivant ce que l'entreprise fait, en faisant ce qu'elle écrit, et en donnant la possibilité de se faire auditer en interne et en externe par rapport à ce référentiel écrit, l'entreprise se donne les moyens de mériter la confiance de ses clients.

Un mouvement important de normalisation de ces référentiels a donné naissance en 1987 à la série des normes ISO 9000. Ces normes internationales donnent des directives pour construire un système d'Assurance de la Qualité. Elles expriment également des exigences au travers des référentiels ISO 9001, 9002, 9003, par rapport auxquels une entreprise peut se faire certifier conforme. Le choix de ce référentiel est fonction de son domaine d'activité et du "périmètre de certification". Les entreprises ayant, par exemple, une fonction de conception de produit (au sens large) et souhaitant être "en assurance qualité" pour cette fonction, peuvent se faire certifier conformes par un organisme accrédité par le COFRAC³⁵. Dans certains secteurs industriels, ces exigences sont considérées comme insuffisantes et font l'objet de compléments. C'est le cas de l'industrie automobile française pour lequel un référentiel appelé EAQF a été créé. Il reprend les normes ISO 9001-2-3 avec des compléments concernant l'assurance Qualité Produit. Dans les domaines du spatial, de l'aéronautique, de l'armement, on trouve les R.A.Q. et les recommandations RG AERO, telle que la RG AERO 00040 pour le management de programme.

Quel que soit le référentiel, la démarche est globalement la même : elle établit un lien logique entre le fait que si le système qualité d'une activité est formalisé et est réputé efficace, le produit de cette activité sera "de qualité". Ce mouvement de certification connaît une ampleur qui dépasse les attentes de ses initiateurs, et bien que faisant l'objet de nombreuses critiques³⁶ il semble être une tendance lourde pour les années à venir. Dans ce contexte, les équipes concernées par la Conception de Produits Nouveaux, et en particulier les chefs de projet, vont devoir formaliser leurs pratiques de manière à donner confiance a priori en leur capacité à anticiper et à gérer les risques. Nous pensons même qu'au delà de la confiance, les démarches qualité autorisent les équipes de conception à sortir des sentiers battus et peuvent être un stimulant très efficace pour la créativité. Un pilote de course automobile pourra d'autant plus se dépasser qu'il aura confiance en son matériel et ses capacités physiques et mentales. Son harnais de sécurité ne l'empêche pas de prendre des risques (au contraire !). Par contre, il le protège en cas d'accident. De même, nous formulons l'hypothèse qu'une équipe projet mettant en oeuvre une démarche qualité dans le cadre de la conception d'un produit nouveau, peut bénéficier d'une synergie entre la créativité des concepteurs et la rigueur d'une démarche qualité. Nous validerons cette hypothèse par notre recherche-action, dans le cadre du développement de deux projets industriels (le projet NMA et le projet SIR).

³⁵ En France, le principal organisme de certification accrédité par le COFRAC est l'AFAQ, mais il existe également le LLYODS, le BSI, le BVQI,...

³⁶ cf. texte « ISO SADO MASO » publié dans le journal "le Monde" du 15 juillet 1994 par Yves LASFARGUE.

4.4. La qualité par la prévention, le retour d'expérience et la transmission du savoir-faire

Le retour d'expérience est un élément essentiel dans le processus d'évaluation et de prévention des défaillances d'un processus. Selon BONNARDEL (1992), l'évaluation d'un objet se fait par comparaison de cet objet avec un ou plusieurs référents évaluatifs. Dans le cas de l'évaluation d'un projet de conception d'un produit nouveau, l'étendue des connaissances recouvertes par les référents évaluatifs pris en compte au cours de l'évaluation seront plus ou moins vaste :

- L'étendue sera limitée lorsque ces référents seront décrits sous forme de spécifications, d'exigences, de critères, de contraintes, ou de combinaison de ces référents.
- L'étendue sera vaste lorsque ces référents seront décrits sous forme de modèles, de normes de savoir ou stéréotype.

Pour RICHARD (1990)³⁷ La représentation d'un problème peut se construire par « particularisation » d'un schéma » lorsque le chef de projet a à mettre en place un projet d'un type déjà connu. Une méthode par analogie peut être appliquée lorsque le projet présente des similitudes avec des projets déjà connus.

Pour DAVID et SUTTER (1985) l'information est un outil de travail pour le retour d'expérience. L'information est une aide dans l'exécution des tâches ; elle donne une valeur ajoutée aux tâches exécutées, et par là, à ses produits et services. Elle permet également :

- De profiter de l'expérience acquise, et ainsi, de limiter les erreurs.
- D'éviter de refaire ce qui existe, et par là, d'économiser du temps.
- De confronter les conditions et les modalités d'exécution à des travaux, à des méthodes, à des processus analogues.

5. UNE RESPONSABILITE DE CHEF DE PROJET : LE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET

Les projets de développement de produits nouveaux, se déroulant sur plusieurs années, mettant en relation plusieurs disciplines, et nécessitant un grand nombre de ressources, sont exposés à des risques dérivant de ces facteurs, et de leur combinaison. Certains chefs de projet de grand talent ont, semble-t-il, la capacité de prévoir les risques et de développer des stratégies pour en diminuer les effets. Mais pour le plus grand nombre, qui n'ont pas cette

³⁷ RICHARD, J.F. (1990); Les activités mentales: comprendre, raisonner, trouver des solutions. Paris : Armand Colin.

intuition, il est nécessaire d'inclure dans l'organisation du projet, des activités d'identification et d'analyse des risques projet. L'expérience du chef de projet est très importante pour déterminer les risques projet. Mais elle est limitée par sa capacité à extrapoler, à partir de sa seule expérience, les risques dans des cas de projets sortant de l'ordinaire. C'est pourquoi, à défaut d'une méthode reconnue, les décisions impliquant des risques pour le projet peuvent être jugées de manière très irrationnelle, et selon le résultat, soit comme de géniales prises de risques ou comme de dangereux coups de poker.

Une enquête réalisée auprès de 250 entreprises françaises³⁸ montre que de telles méthodes existent, qu'elles sont relativement peu connues, et que le management des risques projet de conception de produits nouveaux est en général, une préoccupation récente.

5.1. Définitions du risque

Le risque est défini par l'AFNOR et l'AFITEP comme étant :

« la possibilité que se produise un événement, généralement défavorable, ayant des conséquences sur le coût ou le délai d'une opération et qui se traduit mathématiquement par un degré de dispersion des valeurs possibles autour de la valeur probable quantifiant l'événement et une probabilité pour que la valeur finale reste dans les limites acceptables ».

Le risque peut être également défini comme étant une grandeur à deux dimensions associée à une phase précise de la vie du système et caractérisant un événement indésirable par :

- sa probabilité d'occurrence,
- le montant des conséquences résultant de l'apparition de cet événement.

Mais parfois le risque est défini comme étant la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable seulement ou bien comme un scalaire par calcul du produit :

(fréquence) X (montant des conséquences)

On peut aussi définir le risque moyen comme risque cumulé auquel est exposée une personne pendant la réalisation d'une activité dangereuse.

De même, le risque instantané peut être défini comme le risque permanent auquel est exposée une personne pendant la réalisation d'une activité dangereuse ;

Le montant des conséquences d'un événement indésirable est estimé avec une « échelle de gravité des accidents industriels » ; L'indice de gravité d'un accident peut y être défini, par exemple dans le cas d'un rejet de produit polluant dans l'atmosphère, par trois paramètres :

³⁸ Enquête réalisée en juin 1994 par le Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM ; 25 de ces entreprises ont fait l'objet d'un questionnaire approfondi sur la prévention des risques Projets.

- le danger potentiel D qui caractérise la quantité de produit relâchée ou qui aurait pu être relâchée,
- la taille des moyens d'intervention M : nombre de sauveteurs et nombre de personnes confinées chez elles,
- l'amplitude des conséquences C.

En accord avec une « échelle de gravité », chacun de ces trois paramètres est noté selon une grille pré-établie.

Vincent GIARD (1991)³⁹ définit le risque comme étant :

« la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécifications, ces écarts par rapport aux prévisions étant considérés comme difficilement acceptables voire inacceptables. »

L'intérêt de cette définition est qu'elle prend en compte le fait que le risque n'est pas toujours probabilisable et que la réalisation d'un ensemble d'événements, isolément sans gravité, peuvent s'avérer catastrophique.

Selon LOUYOT (1994), on peut différencier plusieurs types de risques :

- Les risques endogènes/exogènes : les risques propres à l'entreprise sont distingués de ceux issus de son environnement.
- Les risques supposés/fondés : les risques fondés sont des risques réels s'appuyant sur des éléments tangibles, par opposition aux risques supposés qui s'appuient sur des hypothèses douteuses.
- Les risques spéculatifs/accidentels : les risques spéculatifs sont pris en connaissance de cause en vue d'obtenir en contre partie, un bénéfice : ils sont assumés en tant que porteurs potentiels d'opportunités bénéfiques. A l'inverse, les risques accidentels ne sont pas pris volontairement.

Les risques sont aussi souvent partagés en deux grands types :

- Les risques commerciaux : le produit ne se vend pas, ou mal, car il ne répond pas aux besoins du marché ciblé, en terme de coût, de performance, de fonctionnalités.
- Les risques financiers : les coûts de développement, de production, de commercialisation sont supérieurs aux objectifs et ne permettent pas de dégager une rentabilité suffisante au projet.

5.2. Le management des risques projet

Le management des risques peut être défini par ses objectifs qui sont :

- l'identification des risques susceptibles d'apparaître lors du fonctionnement du système,
- l'évaluation des risques qui comprend :
 - * l'étude des causes des risques considérés,

³⁹ GIARD V., *Gestion de projet, Economica*, Paris, 1991.

- * l'étude des conséquences associées à la manifestation des risques en terme d'atteintes à la vie humaine, à l'environnement, et de pertes économiques;
- la classification des risques : majeurs, mineurs,...
- le traitement des risques : l'analyse du risque majeur implique l'identification systématique de tous les dangers, l'analyse de leurs causes et de leurs conséquences puis leur « agrégation ». Ceci afin de pouvoir positionner le « risque majeur » dans l'espace (probabilisé si possible) des conséquences. D'après DAUBE (1973), une activité, un produit, est d'autant moins risqué qu'il est souple. La souplesse correspond à une réexploitation possible du produit, du scénario, en cas d'échec.

5.2.1. L'identification

La méthode la plus courante d'identification des risques est de s'appuyer sur l'historique des projets antérieurs. L'approche est donc basée sur l'analyse de cas. Lorsque le nouveau projet est fortement analogue aux projets antérieurs, la méthode peut donner des résultats réalistes sur les types d'événements indésirables et leur variété. Dans le cas contraire, le danger serait de vouloir faire coller l'analyse du futur projet aux modèles déjà connus.

Ces méthodes peuvent être très utiles pour la formation des nouveaux chefs de projet.

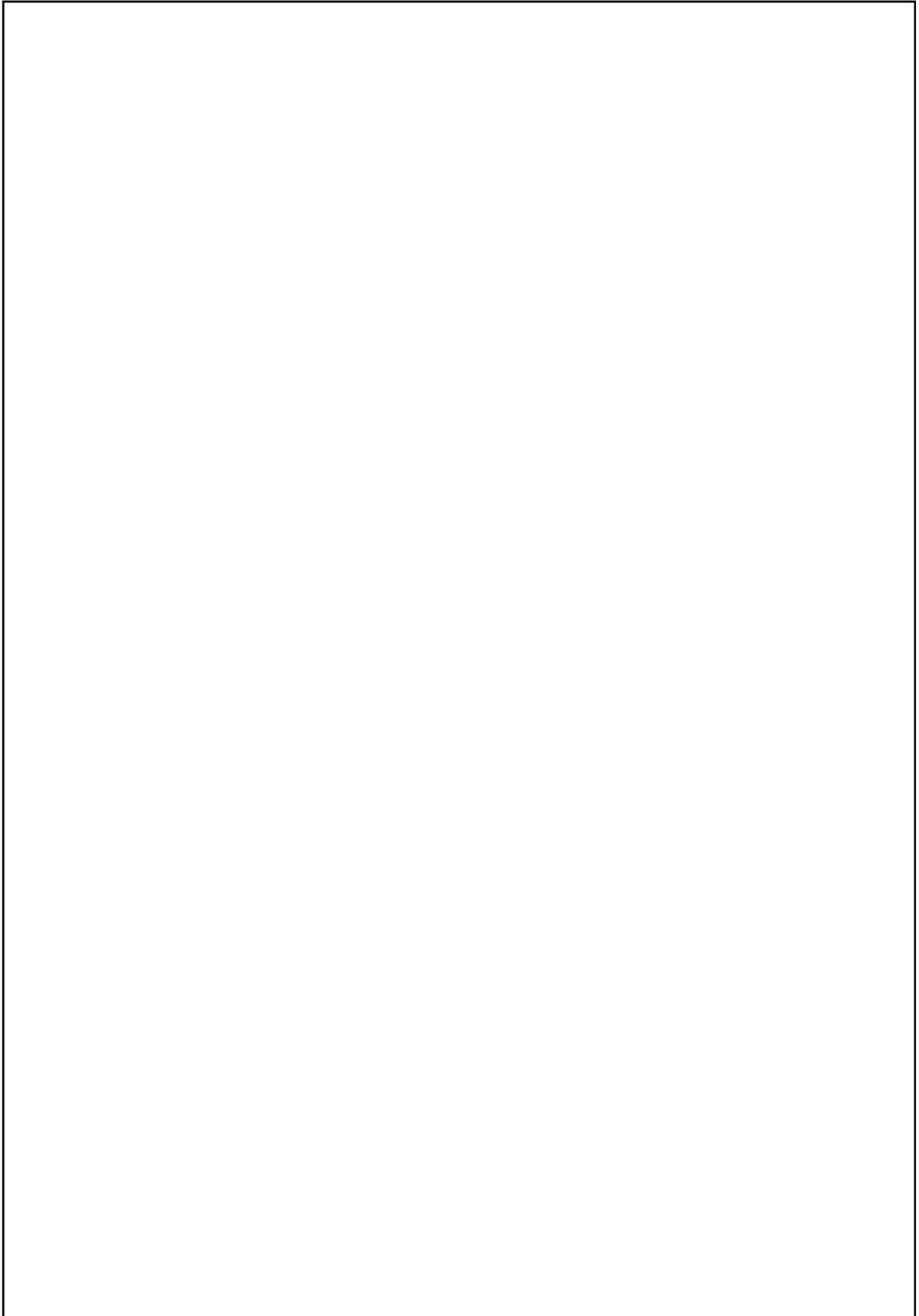
D'autres méthodes sont basées sur la définition de check-list de risques, et de procédures d'analyse arborescente [AVOTS, (1983) ; ALLANCON et Al., (1991) ; GIARD, (1991)] permettant à l'utilisateur de déterminer, pour son application particulière, les problèmes potentiels (cf.. Figure 28, page 73).

HOLT (1988) préconise de se poser les questions suivantes : quels sont les points critiques du projet, de quel ordre sont les risques (technique, commercial, financier,...), quelles précautions doivent être prises afin de réduire le risque? Le risque est-il lié à la taille et à la nature du projet? Il insiste par ailleurs sur le fait que, pour lui, l'attitude du chef de projet et de son équipe sont importantes pour la détermination des modes d'évaluation du risque projet.

Des méthodes statistiques ont été développées pour établir des critères conditionnant le succès ou l'échec d'un projet [ASHLEY et al, (1987) ; JASELSKIS and ASHLEY, (1988) ; PINTO and SLEIVING, (1988) ; MURPHY et al (1974)]. Ces méthodes sont basées sur des hypothèses sur les facteurs statistiquement significatifs. Les check-lists qui en découlent présentent l'avantage de donner l'importance relative des critères. Les limites de ce genre d'approche sont importantes :

- grand nombre de données nécessaires pour avoir une représentativité statistiquement fiable,

- faible robustesse du modèle pour envisager l'analyse sur des projets aux caractéristiques sensiblement différentes de la population de base.
- Le nombre de facteurs testés est souvent trop faible pour que ces méthodes puissent être retenues en première approche pour l'analyse des risques projet.



*Figure 31 : principales sources de risques d'un projet
(source : ALLANCON, COURTOT, LALANDE, GIARD (1991))*

5.2.2. L'évaluation

Les méthodes classiques d'évaluation des risques projet consistent à affecter aux risques identifiés, une probabilité d'occurrence. Les méthodes récentes d'évaluation des risques portent sur un approfondissement de l'analyse des dépendances entre les risques.

STAROPLI (1975) propose une méthode d'analyse systématique de sensibilité sur des facteurs qui affectent le déroulement du projet. Il détermine les facteurs critiques pour la tenue des objectifs du projet. Il estime ensuite la probabilité d'occurrence de ces facteurs, et leurs conséquences, à tous les niveaux. Il développe enfin des plans d'actions contingents pour corriger les actions perturbatrices de l'occurrence de ces facteurs.

MIRABEL (1990) propose la méthode ERA (Estimate Risk Analysis) qui comporte trois étapes : après avoir identifié les incertitudes associées au projet, il affecte une probabilité à chacune des variations liées à ces incertitudes et repère l'existence d'interdépendances entre les incertitudes (niveau de dépendance et sens de variation). A partir de cette analyse, et à l'aide d'équations mathématiques, il est alors possible d'évaluer la fourchette de coût dans laquelle se situe le projet.

SORENSEN, STEN et SOLAS (1990) ainsi que POIAGA (1990) proposent une approche similaire consistant à réunir une équipe d'experts ayant une connaissance approfondie des projets, des risques et des probabilités que l'on peut y associer. La probabilisation de chaque risque est faite par confrontation des avis des experts sur la base des projets précédents. POIAGA (1990) différencie de plus les risques indépendants et les risques dépendants pour lesquels il préconise de quantifier le niveau de dépendance. A partir de la probabilité d'occurrence des risques indépendants et celle des risques dépendants il calcule le risque global du projet.

5.2.3. La classification

On distingue généralement des risques mineurs et des risques majeurs, en fonction de la gravité des conséquences. La différenciation de ces niveaux de risque est laissée à la libre appréciation des experts. Cette différenciation entre risques mineurs et risques majeurs permet d'adapter les moyens de prévention, détection et correction, aux enjeux du projet.

5.2.4. Le traitement

Les risques étant identifiés, évalués, et classés dès la conception du projet, il convient de gérer ces risques tout au long du déroulement du projet, de manière à le faire évoluer dans le respect des objectifs. Cette gestion des risques se traduit au niveau du planning par la définition de jalons permettant de passer en revue les risques [GIARD (1991), LEVAIN et KLEIVAN (1990), BENSOUSSAN (1991), COURTOT (1991)]. LEVAIN et KLEIVAN (op. cit.) insistent sur la nécessité d'avoir une gestion dynamique de ces risques : alors que certains risques peuvent disparaître en cours de déroulement du projet, d'autres nouveaux peuvent apparaître. Il convient alors de les prendre en compte. BENSOUSSAN (1991) propose une méthode expérimentée chez RENAULT, appelée A.M.D.E.C.-Planning.

Egalement chez RENAULT, COURTOT (op. cit.) fait appel à une simulation selon la méthode MONTE CARLO à partir d'une distribution des probabilités entre une durée minimale optimiste, une durée maximale pessimiste et une durée jugée probable. Il estime ainsi la probabilité qu'une tâche soit critique (indice de criticité), et calcul l'espérance mathématique des dates de début et de fin de chaque tâche. Il est alors possible de calculer également le coût probable du projet.

5.3. Conclusion

Les méthodes que nous avons identifiées sont intéressantes pour leur souci de répondre de manière pratique à ce besoin que nous avons défini en matière de gestion des risques projet, dans le cadre de la mise en oeuvre d'une démarche Qualité en management de projet. Très axées sur l'identification des risques, elles se traduisent ensuite en une gestion du planning et des coûts. Ces travaux montrent que les aspects de respect des coûts et des délais sont importants pour la réussite d'un projet. Mais il manque dans toutes ces approches, le troisième aspect de la réussite d'un projet : la qualité du produit. Cette qualité du produit s'élabore dès la conception. Nous avons vu, dans les chapitres précédents, qu'il existe pour cela des techniques de conception. Mais il nous apparaît qu'aucune méthode ne fait le lien entre la qualité de la conception du produit et la qualité de la conception du projet. Nous pouvons identifier ici le passage qu'il reste à faire entre :

- le contrôle du résultat = la conception du produit
- et
- la maîtrise du processus = la conception et le pilotage du projet.

6. LA PROBLEMATIQUE - "MANAGER LA QUALITE D'UN PROCESSUS COMPLEXE, A RISQUE : LA CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX "

Nous avons montré que la Conception de Produits Nouveaux est une activité complexe, à risque. Pour mener à bien cette activité, le chef de projet est de plus en plus sollicité pour mettre en place un mode de management basé sur des principes Qualité. Nous avons montré en effet que la qualité est un ensemble de concepts, et de techniques dont la prise en compte devient indispensable pour la réussite d'un projet de conception de produits nouveaux. Nous allons définir dans ce dernier chapitre de la première partie, en quoi et comment les contraintes de la conception de produits nouveaux et celles de la qualité définissent notre problématique. Nous rappellerons dans un premier paragraphe que la mise en place d'une démarche qualité dans le cadre d'un projet de Conception de Produits Nouveaux est une nécessité. Nous montrerons ensuite que cette nécessité bien comprise, n'est pas seulement une contrainte, mais peut être une aide importante pour un chef de projet. Nous présenterons alors notre analyse de la problématique de la qualité en conception et nos hypothèses de recherches ainsi que notre démarche pour répondre à cette problématique.

6.1. De la nécessité d'une démarche qualité en Conception de Produits Nouveaux

La bibliographie nous a montré que l'histoire de la Qualité est liée à celle de l'industrie. A une époque où la production avait du mal à satisfaire la demande, le seul souci de la qualité était celui d'un contrôle final en production, du tri entre les pièces bonnes et les mauvaises. Puis, la nécessité d'augmenter la compétitivité a amené les entreprises à travailler sur les causes de dysfonctionnement autant que sur les effets : ainsi s'est mis en place les concepts d'assurance de la qualité et de prévention.

Nous en sommes aujourd'hui à une prise de conscience que le client est roi, que la concurrence est partout, et qu'il ne suffit plus de concevoir et de fabriquer des produits conformes à des spécifications : c'est la capacité à devancer la demande, à s'adapter à la dynamique du marché qui devient le moteur de la qualité. La démarche doit être réactive !

Cette nécessité de remonter le plus en amont possible dans le cycle de vie d'un produit modifie les habitudes de métiers tels que le Marketing et la Recherche et Développement.

Il est en effet caractéristique de constater que le degré d'implantation de la démarche qualité dans les activités impliquées tout au long du cycle de vie d'un produit, n'est pas en proportion des conséquences de ces activités, en terme de qualité, sur le produit final⁴⁰ : on « fait de la qualité » là où on peut le moins changer la qualité du produit !

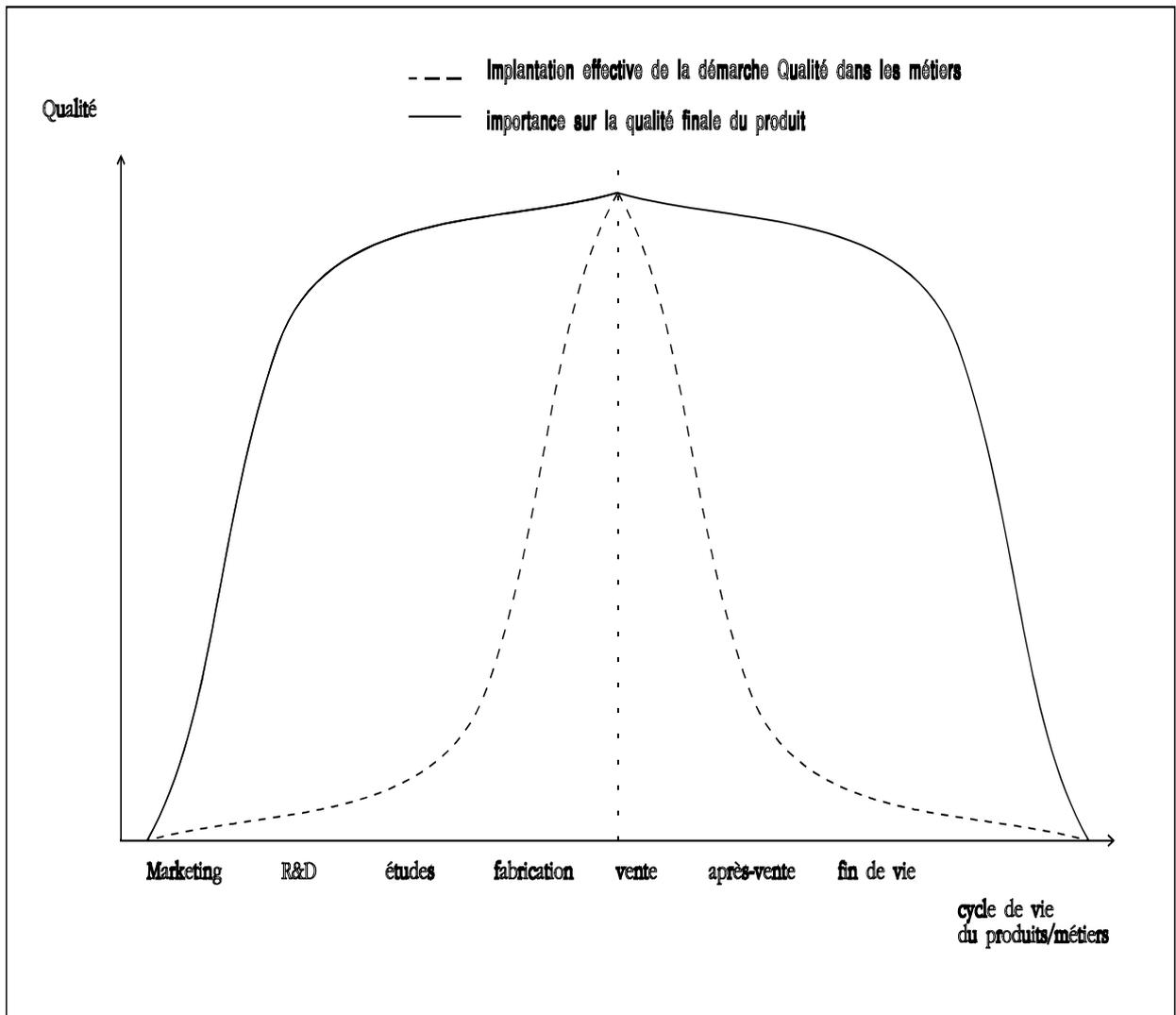


Figure 32 : implication de la qualité dans le cycle de vie d'un produit

6.2. Qualité et Conception de Produits Nouveaux : les possibilités de synergie.

La conception de produits nouveaux suppose de la créativité. La Qualité demande de la rigueur. Rigueur et créativité sont deux aptitudes humaines qui, en général, s'opposent. Pour que cette opposition puisse être positive il est nécessaire que l'entreprise favorise la synergie entre ces deux capacités.

⁴⁰ Voir Figure 32 : implication de la qualité dans le cycle de vie d'un produit page 77

Une modélisation de la relation entre Qualité et Conception de Produits Nouveaux peut se faire au travers des relations entre besoin latent, besoin exprimé et besoin satisfait, dans un espace à trois dimensions faisant intervenir [GAUTIER, (1991)] :

- la dimension population que l'on peut caractériser, par exemple, par des socio-styles ;
- la dimension fonctions (au sens de l'analyse fonctionnelle) ;
- la dimension « niveau de satisfaction », pouvant être associée aux performances, à la « Qualité perçue » ;(cf. Figure 33: synergie entre qualité et conception de produits nouveaux page 78).

Dans ce schéma, le potentiel d'amélioration d'un produit, situé entre le besoin satisfait et le besoin exprimé, peut être appelé « Qualité de conformité ». La part entre le besoin exprimé et le besoin latent représente le potentiel d'innovation. L'écart entre le besoin satisfait et le besoin latent est un idéal impossible à atteindre mais qui doit être un objectif de progrès pour les concepteurs.

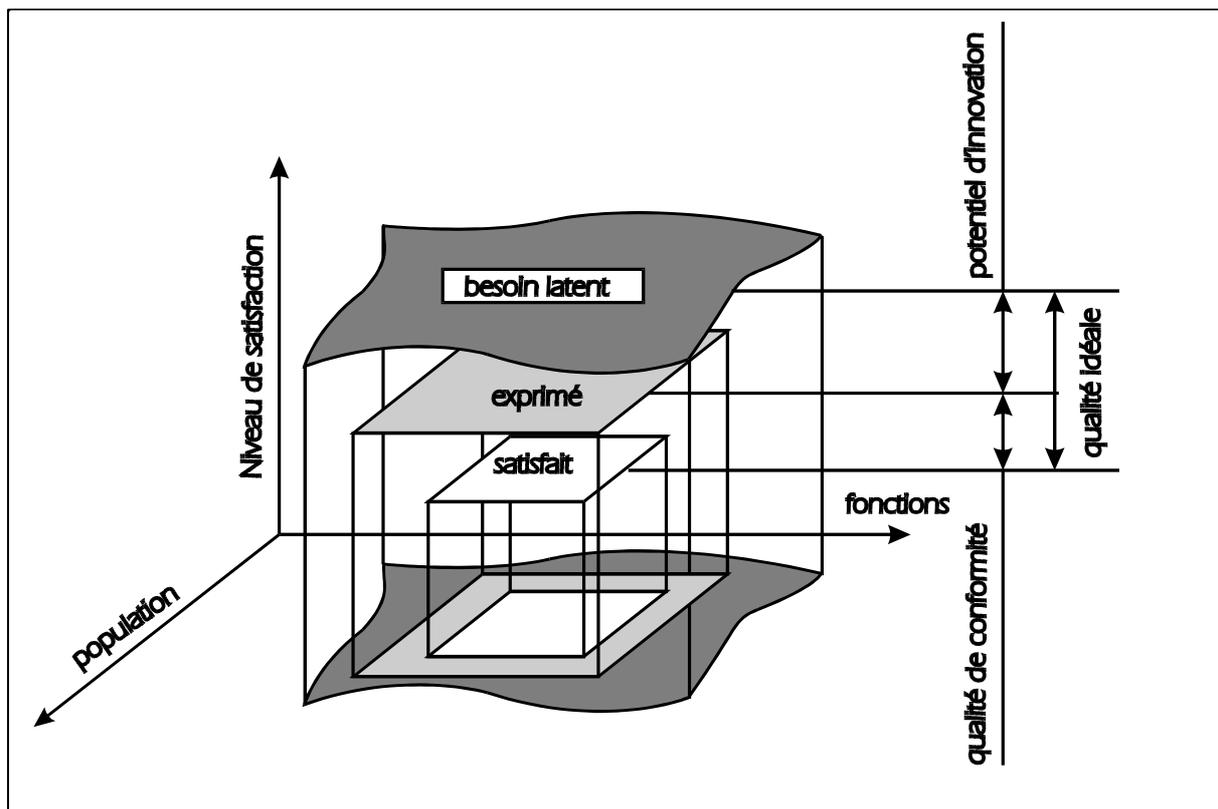


Figure 33: synergie entre qualité et conception de produits nouveaux

Une autre modélisation de cette synergie est proposée par Mme MERLE de l'AFNOR : Les domaines correspondants aux besoins et attentes, aux spécifications, et à la réalisation sont représentés par trois cercles (c.f. Figure 34 : synergie entre qualité et conception de produits nouveaux page 79).

- Dans la zone centrale : les trois domaines se recouvrent : la qualité est maîtrisée (au sens zéro défaut).
- Dans les autres zones, sont définis la « sur-qualité », « les défauts », « le gaspillage » et enfin une notion « d'heureux hasard ». Cette notion d'heureux hasard correspond à la satisfaction de besoins non spécifiés ; ce qui est considéré alors par l'auteur comme de la chance.

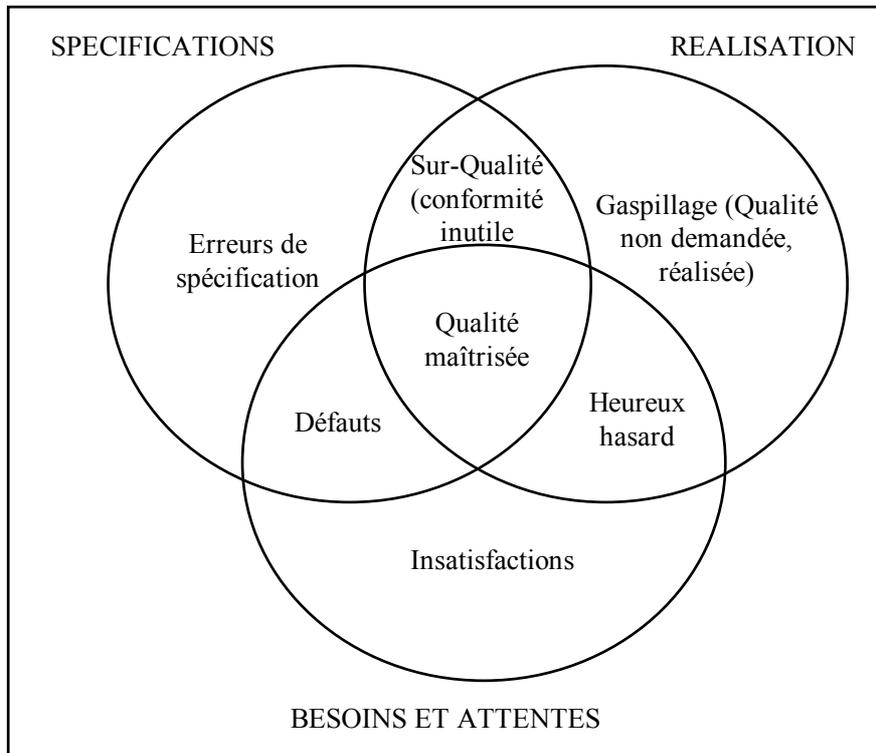


Figure 34 : synergie entre qualité et conception de produits nouveaux
[source : MERLE (1990)]

Il nous semble que cette notion de chance peut être, en fait, l'effet d'une synergie entre une dynamique de la conception de produits nouveaux basée sur une stratégie de « *rupture créatrice* » [BIJON, (1991)] et une politique de « Qualité ».

Dans une démarche de conception de produits nouveaux, la qualité intervient essentiellement comme génératrice de procédures visant à garantir que le besoin satisfait par le produit sera le plus proche possible du besoin exprimé. La conception de produits nouveaux s'intéresse à développer de nouveaux concepts de produits les plus proches possibles des besoins des utilisateurs : besoins non exprimés mais latents

La Qualité d'un produit innovant doit donc se construire tout au long de son développement industriel : de la définition du besoin, à la conception puis lors de sa fabrication, de son utilisation et enfin son recyclage. Ce pilotage par l'aval (le besoin du client) [LE MOIGNE (op. cit.)] met l'entreprise dans une position d'échange permanent avec

son environnement : l'entreprise n'est plus un système fermé, mais une entité en contact avec un ensemble de partenaires dans un environnement en permanente évolution. La démarche qualité aide à définir, dans le cadre de la conception d'un produit innovant, le processus de pilotage de l'ensemble des transactions entre tous les acteurs, internes et externes de l'entreprise.

6.3. La problématique de notre recherche : "qualité en Conception de Produits Nouveaux : la maîtrise du processus par la maîtrise des risques"

Nous avons déterminé que la mise en place d'une démarche qualité en gestion de projet de Conception de Produits Nouveaux pouvait être une nécessité, à la fois contrainte et aide. Nous avons vu que nous pouvons distinguer deux grandes étapes dans l'histoire de l'évolution de la Qualité dans les entreprises industrielles : le passage du contrôle du produit fabriqué, à la maîtrise du processus de production, puis la généralisation de la démarche à l'ensemble des fonctions de l'entreprise.

<p>* le CONTROLE DE LA PRODUCTION</p> <p><u>- sur le produit</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - contrôle final - contrôles intermédiaires - auto-contrôle <p><u>- puis sur le processus</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - assurance de la Qualité - maîtrise du processus de fabrication 	<p>* la VISION GLOBALE DE L'ENTREPRISE</p> <ul style="list-style-type: none"> - gestion de la Qualité - Qualité totale
--	--

Dans une vision globale du fonctionnement de l'entreprise, nous avons acquis la conviction que la prise en compte de la Qualité dès l'expression des besoins du client et tout au long de la conception du produit est fondamentale pour construire la qualité du produit. Mais nous émettons l'hypothèse que la mise en place de la démarche Qualité en Conception de Produits Nouveaux doit suivre la même évolution que celle de la Qualité en production : après avoir mis en place des procédures de contrôle du résultat de l'activité de conception, il faut s'attacher à modéliser le processus de Conception de Produits Nouveaux et mettre en place des moyens de maîtrise de ce processus.

QUALITE DE PRODUCTION	QUALITE DE CONCEPTION
Contrôle du produit ↓	Contrôle de la définition du produit ↓
Maîtrise du processus de fabrication	Maîtrise du processus de conception

Les moyens de contrôle de la conception sont basés sur des activités d'évaluation des solutions par comparaison entre les états envisagés et ceux obtenus, entre les caractéristiques spécifiées pour le produit et celles calculées. Ces caractéristiques peuvent être justifiées sur des simulations, des maquettes, des prototypes, des calculs de fiabilité.

En ce qui concerne le processus, il est caractérisé par son instabilité, car sujet à défaillances. Dès lors, les chefs de projet, ainsi que les responsables R&D sont régulièrement confrontés au problème de l'évaluation des projets. Nous émettons l'hypothèse que l'évaluation d'un projet, peut se faire de manière prévisionnelle. D'autre part, nous retiendrons des travaux de BONNARDEL (1992) que les décisions d'actions supposent la mise en place d'un mécanisme d'évaluation d'un projet basé sur deux types de traitement :

- la construction d'une représentation de l'objet à évaluer : dans notre cas il s'agit d'un projet décrit par un modèle.
- la comparaison de la représentation de ce modèle avec des référents évaluatifs : le retour d'expérience.

Pour répondre à notre problématique de mise en place de la qualité dans le cadre de la gestion de projet de Conception de Produits Nouveaux, nous proposons donc d'étudier les défaillances potentielles, la nature des risques que l'on peut prendre ainsi que les conséquences de ces défaillances pour de tels projets.

7. HYPOTHESES ET DEMARCHE DE RECHERCHE.

L'analyse de notre problématique nous a permis de mettre en évidence que la Conception de Produits Nouveaux est, par essence, une activité complexe. La tendance actuelle qui consiste à travailler en Ingénierie simultanée, pour gagner du temps et de la réactivité, participe à cette complexité. Vouloir superposer à ces démarches, une démarche qualité est un facteur supplémentaire de complexité car elle met l'accent sur des contraintes a priori impossibles à satisfaire :

- au niveau de la qualité d'un produit : un produit n'est jamais parfait. Il y aura toujours une différence entre « besoin latent » et « besoin satisfait ». L'activité de Conception de Produits Nouveaux est réductrice et engendre des pertes d'informations.
- Au niveau de la qualité du processus de Conception de Produits Nouveaux : la qualité exprime des exigences en terme de maîtrise de ce processus. Or la maîtrise d'un processus instable, soumis à des événements aléatoires, où l'on préconise de travailler avec des données qui ne sont pas toujours validées, dans le but de gagner du temps, est un paradoxe. De plus, la Conception de Produits Nouveaux est basée sur la créativité, alors que la qualité exige de la rigueur dans l'action. Ces deux caractéristiques sont souvent mises en opposition.

Malgré ces incompatibilités apparentes, nous formulons l'hypothèse qu'il y a possibilité de trouver une synergie entre Conception de Produits Nouveaux et qualité.

Les concepts qualité que nous avons retenus comme étant pertinents pour valider cette hypothèse sont :

- le concept de prévention pour améliorer le processus de Conception de Produits Nouveaux. L'application des principes de Gestion de projet en Ingénierie Simultanée implique la mise en parallèle des tâches, d'où des risques de non-qualité. Il faut donc rechercher un compromis entre le « principe qualité » de « rebouclage entre les résultats et les objectifs des tâches » et l'Ingénierie Simultanée qui engendre des risques : la qualité nous demande de prévenir ces risques et de les gérer.

- l'exigence de formalisme : l'explicitation des démarches et des relations entre les acteurs de la Conception de Produits Nouveaux. L'utilisation de méthodes, en particulier l'analyse fonctionnelle.

- le travail en groupes pluridisciplinaires : pour améliorer la communication et la créativité.

- satisfaire le client dans l'intérêt de l'entreprise : la qualité d'un projet ce n'est pas aller jusqu'au bout : c'est aussi savoir changer d'orientation ou au pire, s'arrêter à temps. Dans ce

cas il faut être capable de justifier ce changement ou cet arrêt, garder la trace de cette justification et de ce que l'on a fait pour ne pas recommencer une nouvelle fois la même erreur : capitaliser l'expérience.

Notre démarche pour valider notre hypothèse et proposer des voies d'amélioration de la qualité en Conception de Produits Nouveaux, est guidée par le souci de marier une approche théorique, et des expérimentations de terrain. L'approche théorique a pour objectif de modéliser, pour comprendre, agir et permettre une évolution des concepts. L'approche expérimentale sur le terrain a pour objectif de faire des propositions qui tiennent compte de la manière de travailler des chefs de projet. Nous ne voulons pas imposer une méthode qui soit déconnectée de la pratique, mais au contraire, qui soit complémentaire.

La première étape sera donc de construire un modèle théorique visant à déterminer les fonctions du processus de Conception de Produits Nouveaux en appliquant une méthode préconisée dans les démarches qualité : l'analyse fonctionnelle. Cette analyse théorique sera faite dans le cadre d'un travail de groupe. Nous mettrons en évidence, par l'analyse fonctionnelle de ce processus, l'importance de la fonction de traitement de l'information. Nous ferons alors le choix de centrer notre recherche sur cet aspect qui nous apparaît fondamental pour la maîtrise d'un projet, et donnant un éclairage original à nos travaux.

Puis nous expérimenterons les démarches qualité dans le cadre de la gestion de projets industriels ; les expérimentations doivent valider le fait que l'on peut être innovant tout en appliquant les démarches qualité. Elles doivent permettre d'enrichir le modèle de processus défini par l'analyse fonctionnelle ainsi que de définir les défaillances pouvant être mises en évidence. Elles doivent permettre d'identifier les manques en matière de management des risques (prévision et gestion des risques).

L'étude bibliographique des techniques de sûreté de fonctionnement nous amènera ensuite à émettre l'hypothèse que la maîtrise de ce processus de Conception de Produits Nouveaux peut se faire par l'analyse de ses défaillances par transposition de techniques de la Sûreté de Fonctionnement, telles que l'Analyse Préliminaire des Risques, et l'A.M.D.E.C. En accord avec VISSER (1990) nous pensons qu'une telle démarche peut s'accommoder d'une planification hiérarchique d'un projet, utilisée de manière opportuniste en fonction de l'intérêt du moment. Il ne s'agira donc pas de proposer un modèle déterministe des risques projet mais plutôt un concept d'analyse prévisionnelle de ces risques et de gestion corrective de leurs effets. Nous proposerons de formaliser ce concept sous forme d'une méthode prescriptible, à

l'usage des chefs de projet. La définition de cette « méthode nouvelle » va dans le sens de l'évolution de la Qualité.

L'objectif de cette recherche est de contribuer à fiabiliser le processus de Conception de Produits Nouveaux par l'apport d'une méthode de gestion des risques. C'est une aide à la gestion de projet pour un chef de projet. Cela peut être également un moyen de supervision de projet pour un responsable Recherches et Développement, devant suivre plusieurs projets en même temps (sans pour autant prendre en compte les éventuelles relations entre plusieurs projets).

2 ème PARTIE :

MODELISATION THEORIQUE ET EXPERIMENTALE
DU PROCESSUS
DE CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX

"La pensée seule ne met rien en mouvement tant qu'elle n'est pas concentrée sur un objectif et une action" (Aristote)

2 ème PARTIE :

MODELISATION THEORIQUE ET EXPERIMENTALE *DU PROCESSUS* *DE CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX*

Nous avons établi, dans notre première partie, une problématique liée au fait que l'activité de conception de produit nouveau est à la fois complexe, instable, risquée et doit cependant être de plus en plus gérée selon des principes Qualité de "zéro défaut" et de "bien faire du premier coup". Pour comprendre cette activité, et conformément à la démarche que nous avons déterminée dans l'élaboration de notre problématique, nous serons amenés, dans un premier temps, à modéliser ce processus. Nous avons utilisé pour cela, la technique de l'analyse fonctionnelle, réalisée dans le cadre d'un groupe de travail mis en place au sein du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM. Ce travail met en évidence la complexité, les risques et l'importance du management de l'information dans le cadre de la gestion d'un projet. Dans un deuxième chapitre, nous identifierons plus précisément les caractéristiques de ce management de l'information. Puis dans un troisième chapitre, nous validerons cette analyse sur des applications concrètes, qui montrent à la fois :

- Comment les techniques qualité, associées aux techniques de gestion de projet, peuvent contribuer à une meilleure maîtrise du processus de Conception de Produits Nouveaux.
- L'importance du management de l'information dans ce processus.
- La prise en compte implicite et non formalisée des risques dans la définition des projets et leur suivi.

En conclusion, nous montrerons l'importance de la prise en compte des risques projet, liés en particulier au management de l'information, dans l'élaboration d'un scénario de projet. Nous considérerons enfin qu'il est nécessaire de développer une méthode de management des risques projet orientée « maîtrise de l'information ». Ce sera l'objet de la troisième partie de ce document.

8. CARACTERISATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX

La détermination des caractéristiques du processus de Conception de Produits Nouveaux s'est faite, dans un premier temps, sur la base d'une modélisation théorique de ce processus. Nous avons considéré, en accord avec PAULRE (1992), que l'entreprise était un système⁴¹. HAURAT (1994) précise que l'on peut considérer ce système selon trois approches :

- La première approche vise à étudier les contraintes subies par les différents membres de l'entreprise du fait de leur appartenance à une organisation. En effet, il existe souvent une divergence entre les exigences de l'organisation et les aspirations de chacun de ses membres. L'entreprise apparaît alors comme un lieu où s'exerce un pouvoir.

- La seconde consiste à caractériser le comportement de l'entreprise à partir de ses processus de fonctionnement interne. A travers cette approche l'entreprise est caractérisée par "un ensemble de moyens destinés à assurer la gestion d'un ensemble de ressources pour assurer une fonction reconnue".

- Enfin, la dernière approche conduit à étudier l'entreprise comme un agent entretenant des échanges avec son environnement (échanges marchands, rapports non marchands et stratégies de pouvoir). En fait cette approche vise à spécifier les conditions stratégiques de fonctionnement de l'entreprise c'est à dire les conditions externes qui déterminent la survie et la capacité d'adaptation de l'entreprise (cf Figure 35 : L'environnement d'une entreprise, p. 88).

⁴¹ Selon LE MOIGNE (1991) : "Un système est quelque chose (n'importe quoi) qui poursuit des finalités (un projet), dans un environnement actif et évolutif, en exerçant une activité (des fonctions), en s'organisant (interactions) et en évoluant sans perdre son identité."

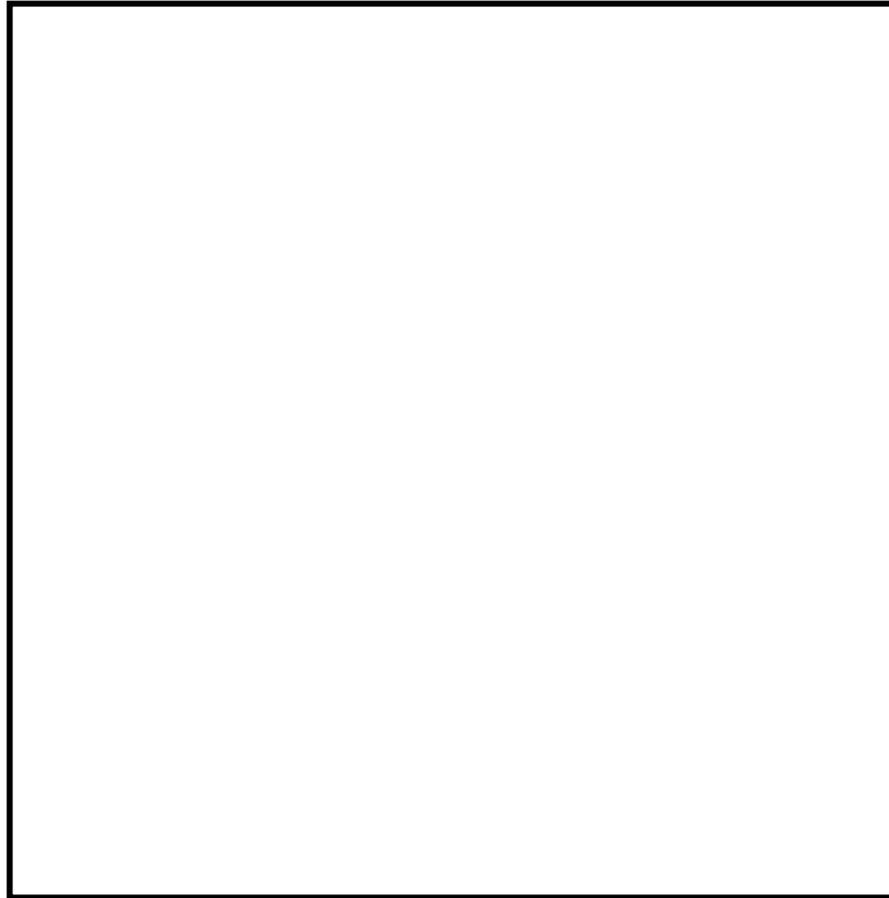


Figure 35 : L'environnement d'une entreprise [VON REIBNITZ (1989)]

Pour ce qui concerne notre travail, la démarche générale de modélisation que nous avons adoptée (cf. Figure 36 : démarche générale d'analyse fonctionnelle du processus de C.P.N., page 89) repose sur une analyse fonctionnelle du « Système⁴² d'Innovation » (S.I.), puis du « processus de Conception de Produits Nouveaux (en tant qu'élément du S.I.). Nous en avons défini les fonctions principales et les fonctions contraintes (également appelées "fonctions d'adaptation"). Le choix de cette méthode d'analyse fonctionnelle a été guidé par le fait qu'elle est de notre compétence personnelle et qu'elle fait partie des méthodes préconisées dans la démarche qualité [dans les normes sur la qualité en particulier (AFNOR 1994)]. Cette analyse a été menée au sein du laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM dans le cadre d'un travail de groupe réunissant cinq doctorants en Conception de Produits Nouveaux.

⁴² "Un système est quelque chose (n'importe quoi) qui poursuit des finalités (un projet), dans un environnement actif et évolutif, en exerçant une activité (des fonctions), en s'organisant (interactions) et en évoluant sans perdre son identité." [MOI] LE MOIGNE J.L., La modélisation des systèmes complexes, éditions DUNOD, Paris, 1991, 178p

Cette analyse fonctionnelle nous permet de déterminer deux types de fonctions du processus de Conception de Produits Nouveaux : des fonctions de gestion des ressources et une fonction de management de l'information.

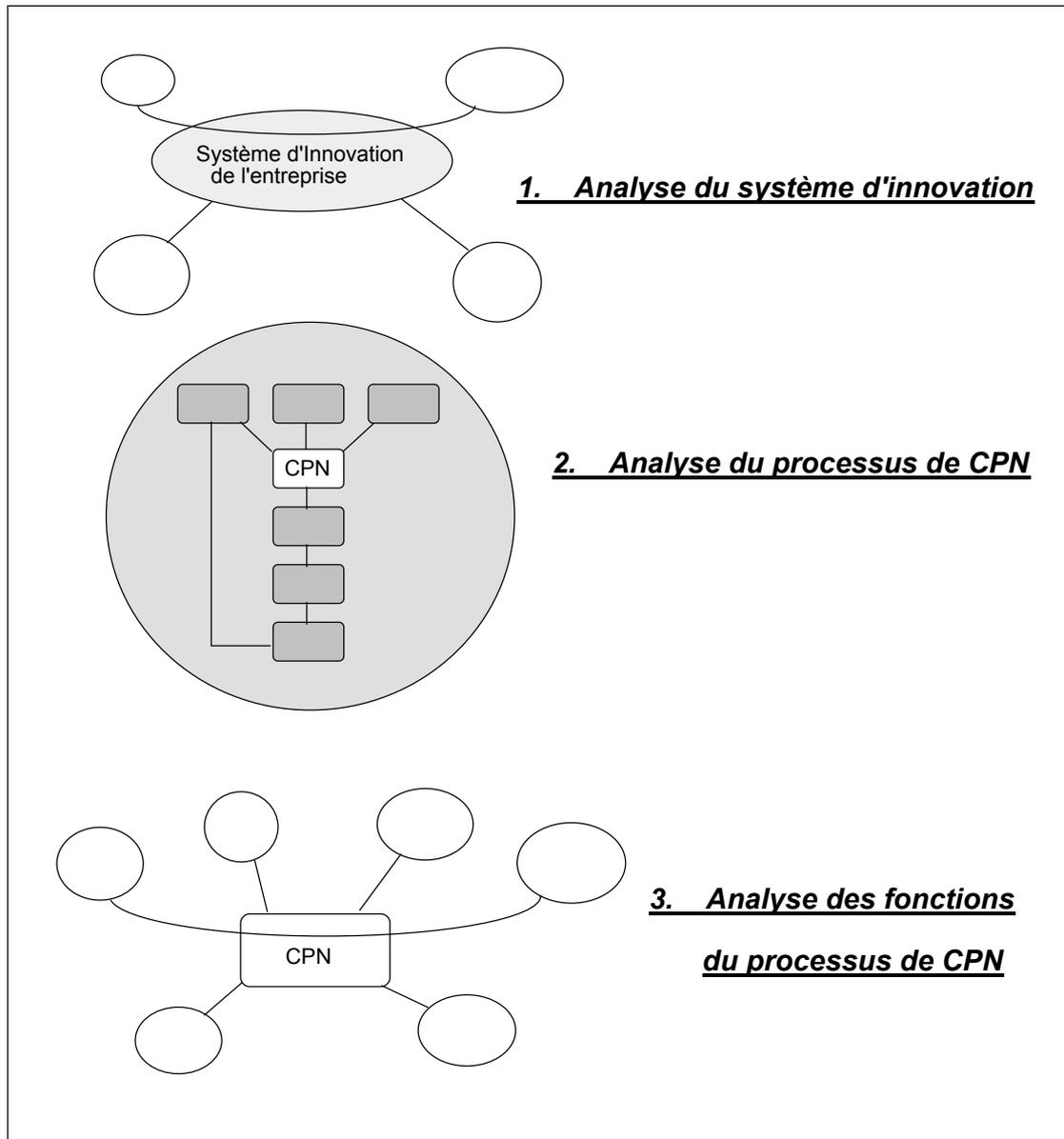


Figure 36 : démarche générale d'analyse fonctionnelle du processus de C.P.N.

8.1. Analyse fonctionnelle du système d'innovation de l'entreprise

Le système d'innovation est étudié par rapport aux éléments de son milieu extérieur, qui interagissent par son intermédiaire (fonctions principales) ou qui agissent directement sur lui (fonctions contraintes ou d'adaptation). La définition de ce milieu extérieur est le fruit du

travail du groupe et de l'étude bibliographique (entre autres, VON REIBNITZ 1989, BOURDICHON, 1994).

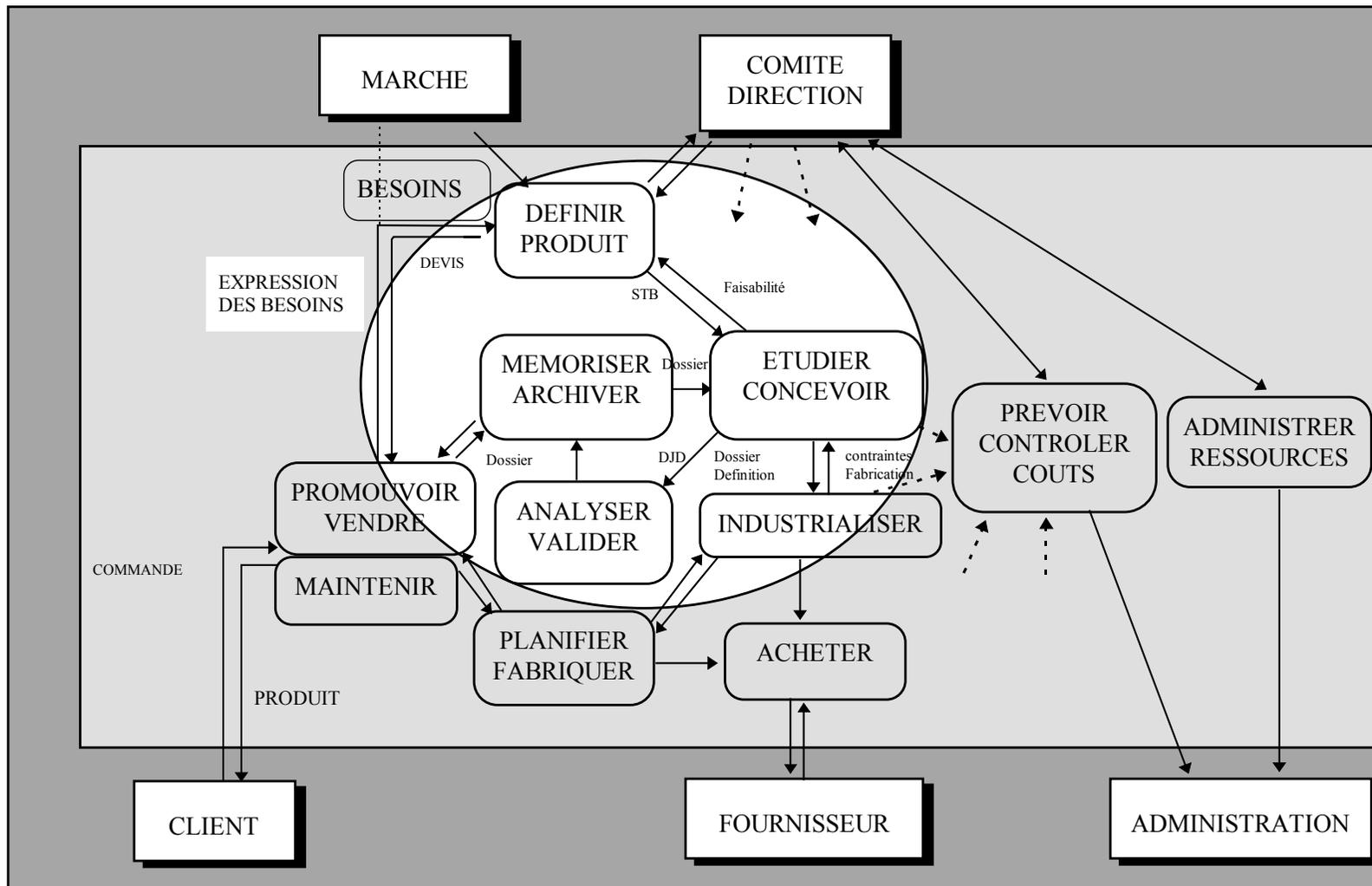


Figure 37 : Définition du milieu extérieur au "système de conception de produits nouveaux - modèle d'activité (d'après BOURDICHON, 1994)

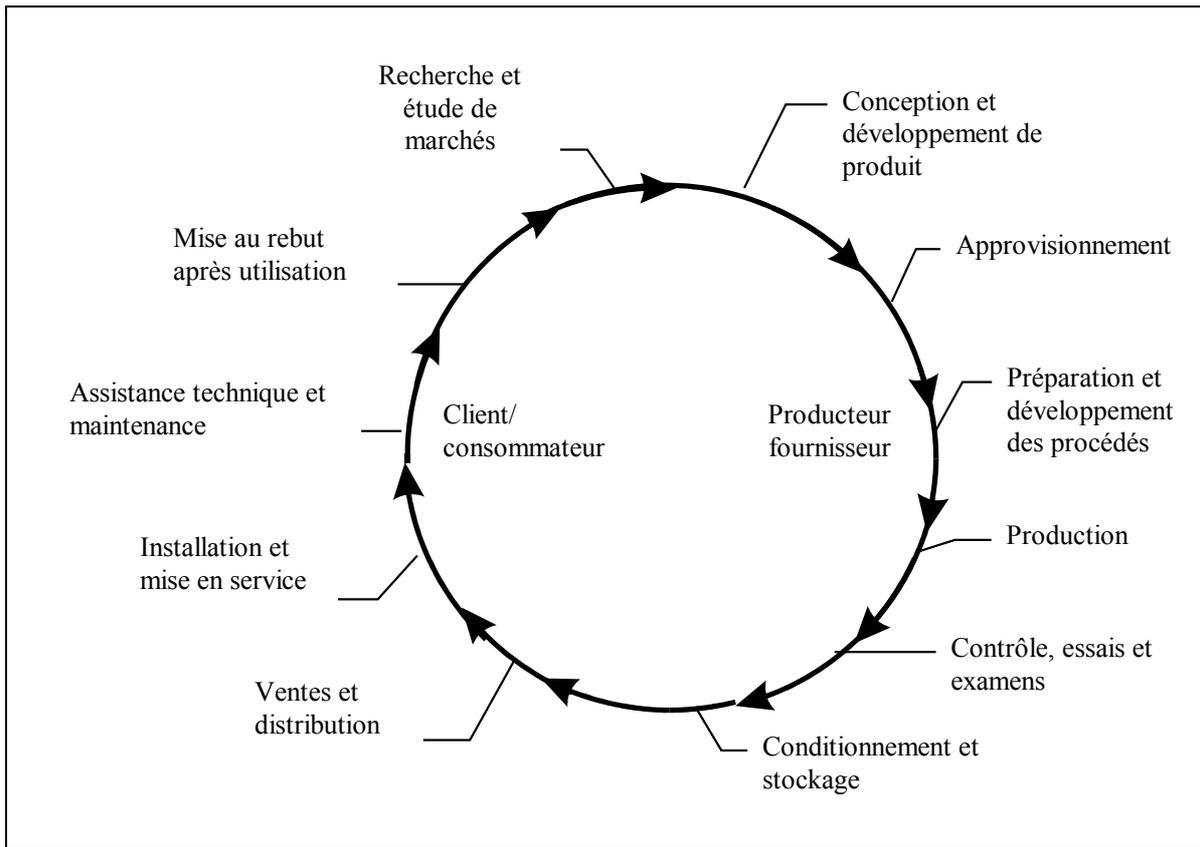


Figure 38 : Boucle de la qualité (d'après AFNOR 1992 p.29)

Définition du milieu extérieur :

Des différents modèles de systèmes proposés dans la littérature, le groupe de travail a défini sept éléments du milieu extérieur :

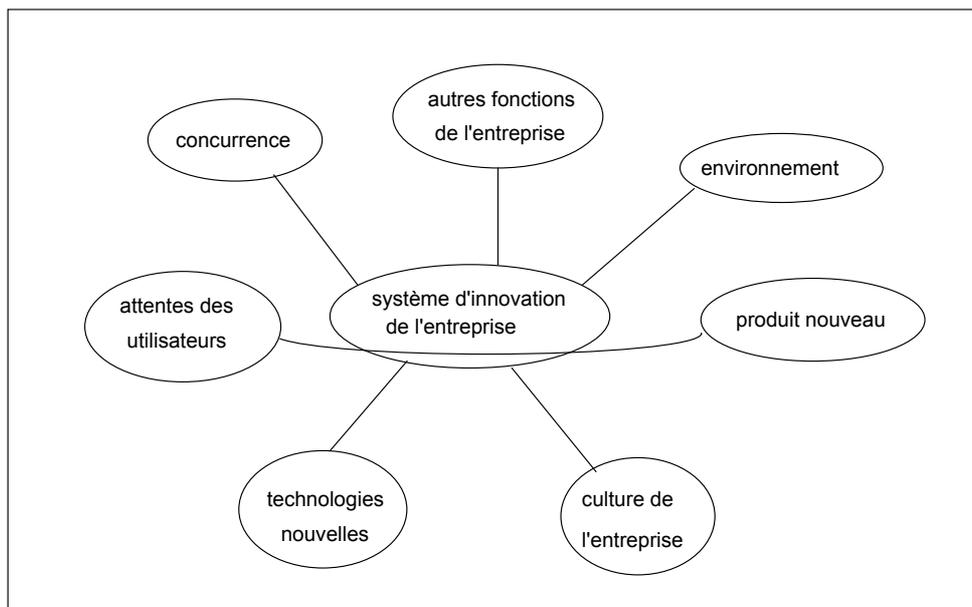


Figure 39 : Analyse fonctionnelle du système d'innovation de l'entreprise

- La concurrence : recouvre les produits, les marchés, les stratégies des entreprises concurrentes au sens large (concurrence directe et indirecte).
- Attentes des utilisateurs : besoins latents des utilisateurs, exprimés ou non.
- Utilisateur : toute personne qui est en relation avec le produit, durant tout son cycle de vie (cf. page 31).

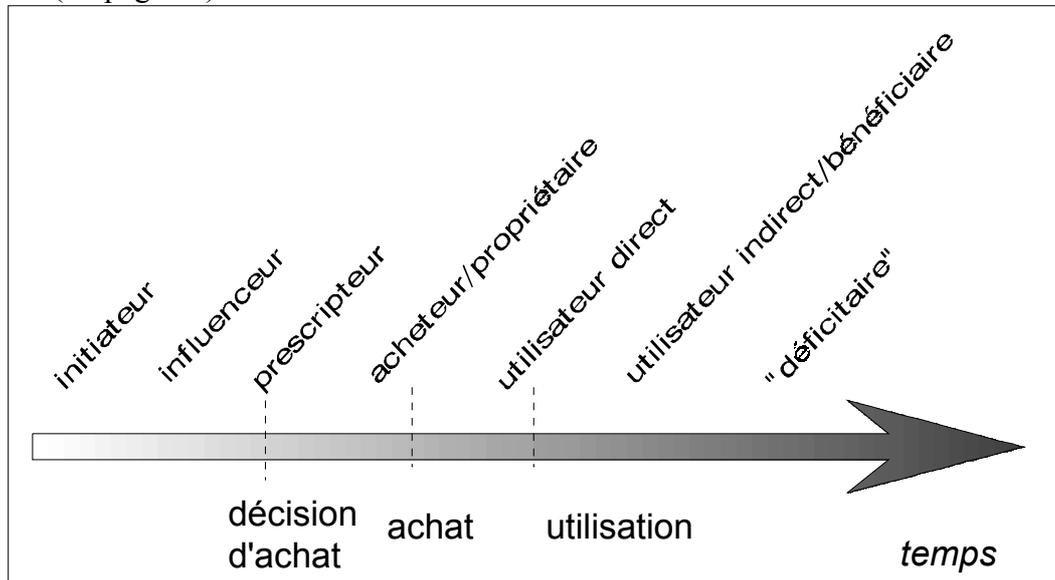


Figure 40 : Relation utilisateurs/cycle de vie du produit

- Entreprise : Entreprise à laquelle appartient le système d'innovation ou qui y fait appel quand elle sous-traite tout ou partie de ses travaux d'innovation produit.
- Technologies : les technologies nouvelles peuvent être des opportunités pour proposer de nouvelles solutions répondant mieux aux attentes des utilisateurs (coût, délais, performances) ;
- Environnement : le triplet « produit/entreprise/utilisateur » est étudié ici dans le cadre d'un Environnement défini comme étant : « une société industrielle de consommation, régie par des lois, des normes, des déontologies, visant à assurer, dans certaines limites, la protection de l'homme et de la nature ». [MILLET, (1995)].
- Produit nouveau : nous avons donné en première partie notre définition d'un produit nouveau (c.f. page 25). Rappelons que le caractère de nouveauté d'un produit est limité dans le temps. Pour lui conserver une place sur le marché, il est généralement nécessaire de le faire évoluer (directement en travaillant sur son esthétique, ses performances, sa fiabilité... ou indirectement en modifiant son circuit de distribution, son image publicitaire, son prix...). Ces améliorations progressives permettront de diminuer l'écart entre le besoin satisfait et le besoin exprimé (zéro défaut), tout en faisant évoluer, éventuellement, le besoin exprimé vers une meilleure approche du besoin latent. Cette évolution du besoin exprimé vers le besoin latent ne pourra se faire que dans une limite au-delà de laquelle il sera nécessaire de développer un produit nouveau.

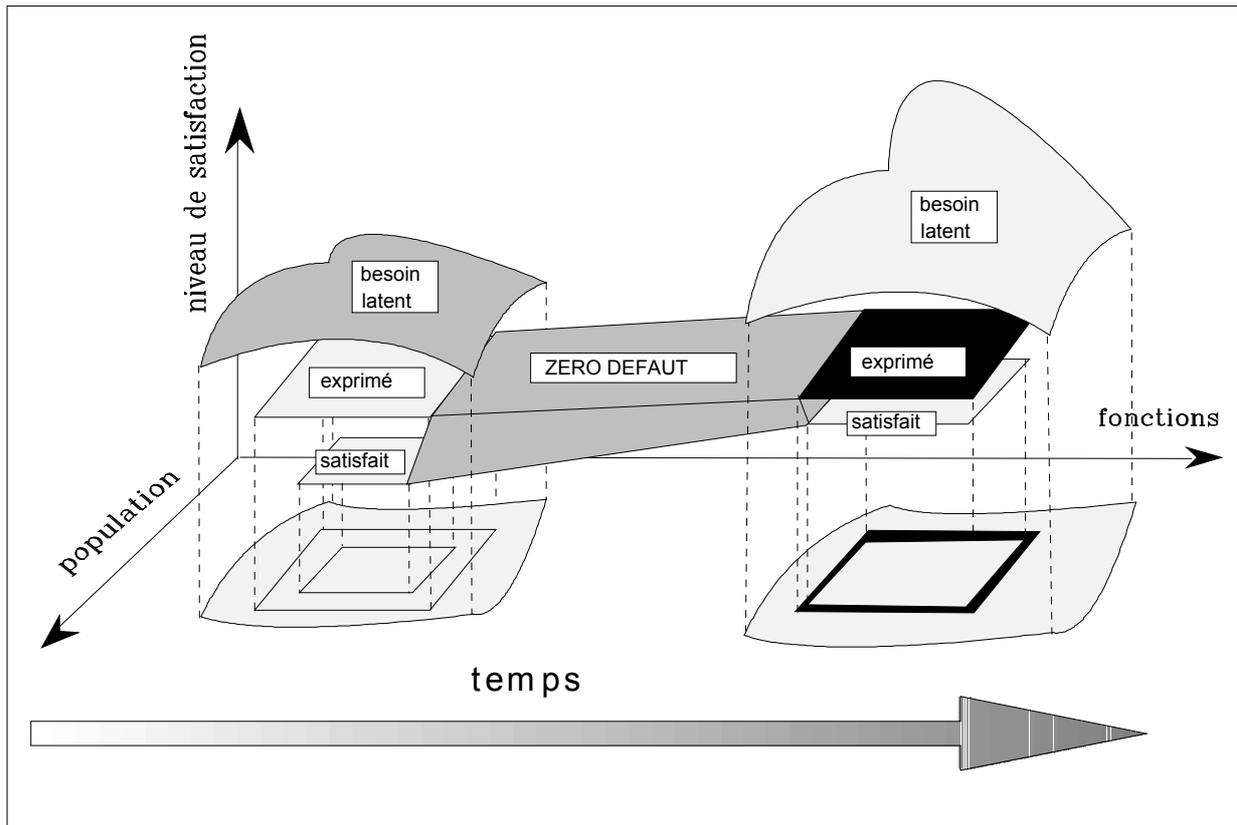


Figure 41 : évolution des besoins/Produit Nouveau

Fonction principale du système d'Innovation de l'entreprise :

- Fp1 : le Système d'Innovation de l'Entreprise » permet à l'entreprise de mettre à la disposition de ses clients, des produits nouveaux répondant à leurs attentes (« besoins latents »), dans l'intérêt de l'entreprise (avoir un portefeuille produit qui maintient la rentabilité etc.).

Fonctions contraintes ou d'adaptation de l'Entreprise à son milieu extérieur :

- Fa1 : le Système d'Innovation de l'Entreprise doit permettre de « surveiller et développer des technologies nouvelles »
- Fa2 : Le Système d'Innovation de l'Entreprise doit permettre de "surveiller la concurrence »
- Fa3 : le Système d'Innovation de l'Entreprise doit s'adapter à la culture de l'entreprise
- Fa4 : le Système d'Innovation de l'Entreprise doit s'adapter aux contraintes liées au respect de l'environnement

8.2. Décomposition du système d'Innovation en sous-systèmes :

Le système d'Innovation peut se décomposer en sous-systèmes :

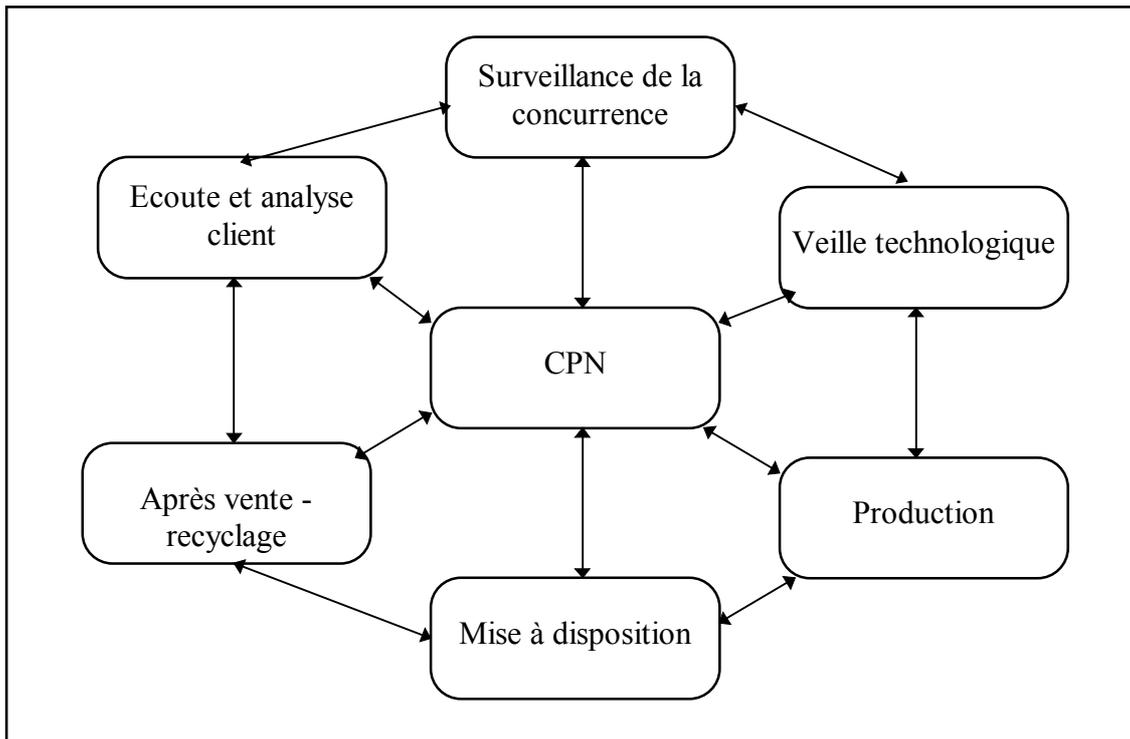


Figure 42 : Décomposition du système d'Innovation en sous-systèmes

Nous avons défini dans notre analyse, sept sous-systèmes :

- Système d'écoute et d'analyse des Attentes des utilisateurs
- Système de surveillance de la concurrence
- Système de surveillance et de développement de technologies nouvelles
- Système de conception de produits nouveaux
- Système de production/fabrication
- Système de mise à disposition des produits nouveaux aux clients
- Système de suivi de l'utilisation/recyclage du produit

8.3. Analyse fonctionnelle du sous-système de conception de produits nouveaux

Nous pouvons maintenant déterminer les fonctions principales et contraintes, ou d'adaptation, du sous-système qui nous intéresse dans le cadre de nos travaux : le sous-système de Conception de Produits Nouveaux.

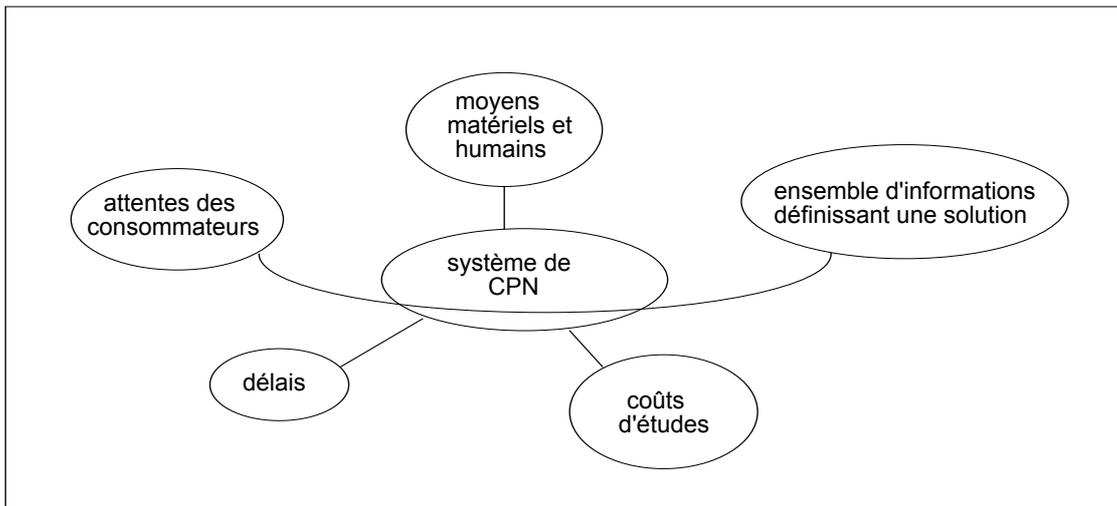


Figure 43 : Analyse fonctionnelle du sous-système de conception de produits nouveaux

Fonction principale du système de Conception de Produits Nouveaux :

- Fp1 : le Système de conception de Produits Nouveaux permet de « transformer des informations reçues/perçue sur les attentes des utilisateurs en informations définissant une solution qualifiée comme étant apte à répondre à l'expression de ces « attentes ».

Fonctions d'adaptation du système de Conception de Produits Nouveaux :

- Fa1 : le Système de conception de Produits Nouveaux permet de gérer les moyens (humains, matériels,...)
- Fa2 : le Système de conception de Produits Nouveaux permet de gérer des délais
- Fa3 : le Système de conception de Produits Nouveaux permet de gérer des coûts

8.4. Conclusion

Ce travail d'analyse et de modélisation du processus de Conception de Produits Nouveaux nous amène à distinguer deux types de Fonctions du système de conception de Produits Nouveaux :

- une fonction « management d'informations liées au couple besoin/produit »
- Une fonction gestion de ressources : moyens (humains, matériels,...), coûts, délais.

Définir et gérer des ressources sont des activités appartenant au domaine de la gestion de projet. Par contre, il nous semble intéressant et original de définir le travail d'un chef de projet comme étant aussi la conception et la gestion d'un système de management de l'information. Ces informations peuvent avoir des représentations physiques (papier, maquettes) ou sous forme virtuelle (C.A.O., Images de synthèse...). Nous allons dans le chapitre suivant préciser la nature de ce management de l'information.

Nous validerons et formaliserons ensuite dans notre expérimentation de gestion de projet, ce double travail de gestion des ressources, mais aussi de définition et de gestion d'un système de management de l'information. Nous montrerons que ce processus de management de l'information fait évoluer les informations d'un état initial à un état final en passant par plusieurs états intermédiaires :

- L'état initial de l'information est celui de la définition du besoin.
- L'état final de l'information est celui de la définition qualifiée de la solution.

Cette analyse fonctionnelle, associée à notre expérimentation, sera la base de nos travaux pour définir une méthode d'Analyse des risques liés aux dysfonctionnements de ce processus de management de l'information.

9. DE L'IMPORTANCE DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION DANS LE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET

En accord avec LANVAIN (1983), nous pouvons affirmer que, dans le processus d'innovation, "*... la ressource primordiale, plus encore que les traditionnels facteurs de production (main d'oeuvre et capital), devient l'information : information stockable et commercialisable (base de données) et information "incorporée (capacités organisationnelles)... La production et l'échange ne sont plus aujourd'hui que la partie visible d'un ensemble largement immergé de stratégies nouvelles dont le centre est l'information, sa collecte, son traitement et son utilisation"*. Ce constat nous amène à analyser la place de l'information et de la communication dans le processus de Conception de Produits Nouveaux.

Nous rappellerons, dans un premier temps, les théories de l'information. De ces théories, nous déterminerons les qualités des informations. Nous définirons ensuite la notion de système d'information, qui permet de représenter, mémoriser, et communiquer des informations. Cet apport théorique nous servira de support pour l'analyse et l'interprétation de notre expérimentation de mise en place de démarches qualité en gestion de projet de Conception de Produits Nouveaux.

9.1. Théorie de l'information et de la communication : généralités

Le premier exposé synthétique de la théorie de l'information est attribué à l'américain Claude SHANNON, ingénieur à la Bell Telephone et ancien élève du savant américain

Norbert WIENER. Dans un article de juillet 1948, ils modélisent l'information comme devant être transmise à l'aide d'un canal et font ainsi la distinction entre :

- l'information proprement dite : quantité d'information, entropie⁴³ d'une source d'information,
- les propriétés des canaux : transformation, capacité,
- les relations qui existent entre l'information à transmettre et le canal employé en vue d'une utilisation optimale de celui-ci.

WINKIN (1981) présente le système général de communication proposé par SHANNON (1975) comme étant une chaîne comprenant les éléments suivants (cf.

Figure 44 : système général de communication [selon WINKIN (1981)], page 98) :

- la source d'information, qui produit un message (la voix au téléphone),
- l'émetteur, qui transforme le message en signaux (le téléphone transforme la voix en signaux électriques),
- le canal, qui est le milieu utilisé pour transporter les signaux (câbles téléphoniques),
- le récepteur, qui reconstruit le message à partir des signaux,
- la destination, qui est la personne (ou la chose) à laquelle est envoyé le message,
- le bruit : durant la transmission, les signaux peuvent être perturbés par du "bruit" (grésillement sur la ligne).

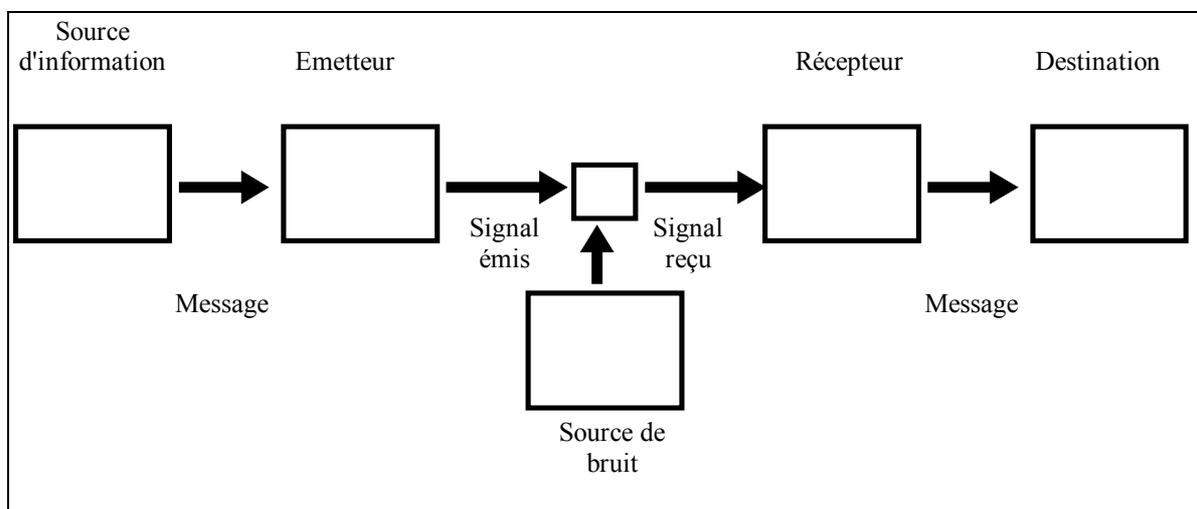


Figure 44 : système général de communication [selon WINKIN (1981)]⁴⁴

Ce schéma sera repris dans de nombreux travaux scientifiques, dans des disciplines très diverses. NEVES (1992) note, à titre d'exemple, certaines analogies entre le schéma de SHANNON et le modèle de la communication verbale proposé par JAKOBSON en 1960 :

⁴³ dans la théorie de la communication, l'entropie est un nombre qui mesure l'incertitude de la nature d'un message donné à partir de celui qui le précède. L'entropie est nulle quand il n'existe pas d'incertitude.

⁴⁴ D'après Y. WINKIN, *La nouvelle communication*, les Editions Du Seuil, 1981, p.18

celui-ci montre que tout message remplit plusieurs fonctions qui peuvent se hiérarchiser autour d'une fonction fondamentale, selon le schéma suivant :

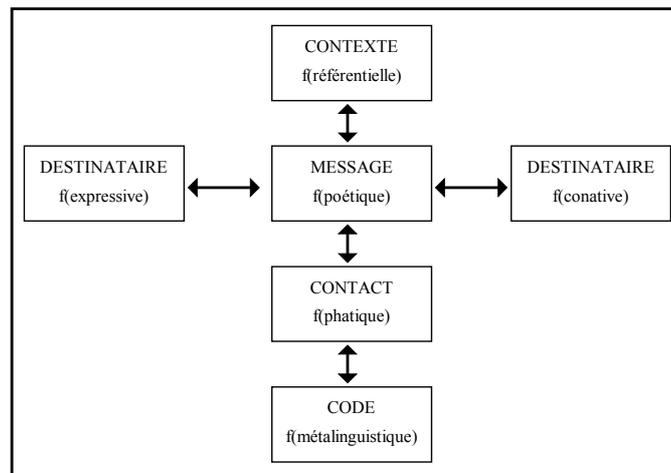


Figure 45 : fonctions d'un message selon JAKOBSON (1960)

Jacques BERNAD (1990)⁴⁵ rappelle que « toute information est susceptible d'être d'abord captée (ce qui implique qu'elle doit être émise et prise) ensuite transmise (donc portée, véhiculée) et/ou conservée (donc stockée) et bien entendu, traitée, c'est à dire transformée par une action (à travers un « effecteur ») ».

Il précise également trois principes :

- 1^{er} principe : ne pas considérer l'information « en soi », indépendante des choses et des phénomènes concrets auxquels elle se trouve liée. La formulation seule de l'information ne suffit pas. Il faut prendre en compte sa signification d'abord.
- 2^{ème} principe : le réseau d'information est intimement lié au système dont il permet le pilotage et il doit être considéré avec ce système.
- 3^{ème} principe : l'information est à distinguer du ou des supports qui la portent ou de ce qui la véhicule, des moyens qui peuvent la transformer. Elle peut s'exprimer sous plusieurs formes en conservant la même signification.

En 1948, l'américain Norbert WIENER démontrera⁴⁶ que pour contrôler une action orientée vers un but, la circulation des informations nécessaires doit former une "boucle" fermée dans laquelle la machine évalue les effets de ses actions et corrige son comportement futur en utilisant les performances passées ; ce processus est appelé "rétroaction" ou "feed-back". Ainsi ce principe de la cybernétique se généralisera en une théorie selon laquelle tout "effet" rétroagit sur sa "cause", et tout processus doit être conçu selon un schéma circulaire. La vérification de la réception du message est assurée par le retour d'information. Il provoque un processus d'ajustement si besoin est.

⁴⁵ J. BERNAD, *Approche systémique de l'entreprise et de son informatisation*, Masson, 1992 p.70

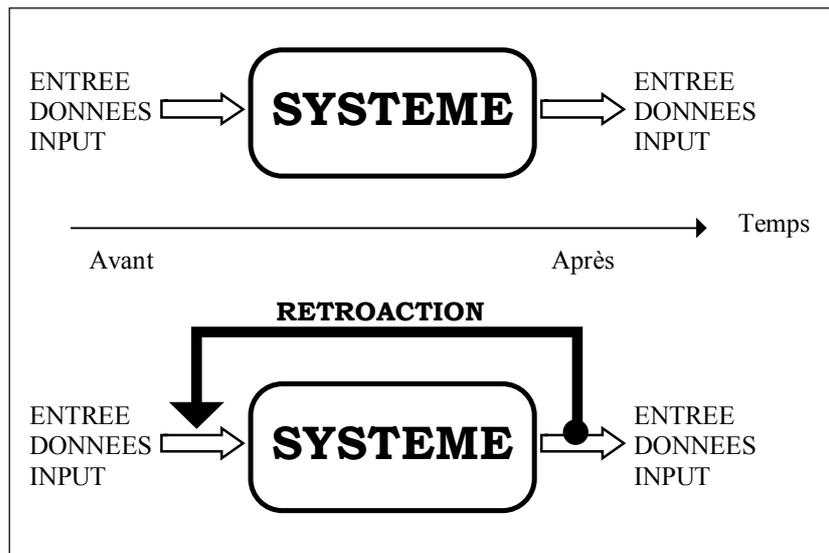


Figure 46 : principe de rétroaction (DE ROSNAY, 1975)⁴⁷

Selon AMADO et GUITTET (1975), "le retour de l'information augmente la confiance de l'émetteur, puisqu'il réduit les incertitudes de la réception du message et facilite l'ajustement par une meilleure connaissance du récepteur (motivation, niveau des connaissances, langage, stéréotypes et valeurs du récepteur). Il permet une modulation progressive du message en fonction des caractéristiques de l'interlocuteur. Cette efficacité accrue renforce alors les motivations de chacun, puisqu'il y a compréhension et acceptation de la situation de communication". Cependant, cette efficacité a un coût : le temps nécessaire au feed-back. L'émetteur, souvent persuadé que son message possède toutes les caractéristiques nécessaires à une bonne réception par son destinataire, ne s'embarrasse pas de "bavardages inutiles".

MOLES (1986) souligne l'importance de "*l'acte de télécommunication : qu'il s'agisse de regarder la télévision, ou de s'entretenir avec des amis lointains, l'interaction à distance devient la règle, et non l'exception...Nous sommes voués à la télécommunication, c'est à dire à la médiatisation des contacts. Ce sont ces modes d'interaction eux-mêmes qui distingueront désormais les êtres entre eux*".

Les travaux de BATESON (1978) et de WATZLAWICK (1972) de l'école de Palo Alto, ont classé la communication humaine en trois parties : la syntaxe, la sémantique et la pragmatique. La syntaxe concerne la transmission de l'information, les problèmes de codage, les canaux de transmission et la réception d'un message. La sémantique s'intéresse au sens d'un message, à la façon dont il est produit et compris. La pragmatique étudie la relation entre

⁴⁶ Dans son ouvrage "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine"

la communication et le comportement de l'émetteur ou/et du récepteur. Elle prend en compte tous les faits expressifs qui peuvent avoir une valeur communicative. Elle définit des notions-clefs dont :

- Les deux niveaux de sens d'un message :
 - Le "contenu" qui comporte des informations sur des faits, des opinions, des sentiments, dont parle le locuteur.
 - La "relation" qui est exprimée directement ou indirectement entre les interlocuteurs.
Il y aura "congruence" entre "contenu" et "relation" si le contexte d'un message est cohérent avec l'aspect de la relation entre les interlocuteurs. Dans le cas contraire, il y aura discordance.
- La dualité des messages : les signaux utilisés par l'émetteur et le récepteur doivent appartenir à un code commun pour que la communication puisse passer. On peut distinguer 2 types de code :
 - code objectif, définitionnel, logique : langage "digital". Il utilise des signes arbitraires, n'ayant que des rapports conventionnels entre le signifiant et le signifié.
 - code affectif et imagé : langage "analogique". Il s'exprime à l'aide d'une symbolique où le signifiant entretient un lien analogique avec le signifié. Selon MARC et PICARD (1984), "*... nous avons généralement recours à la combinaison de ces deux langages. On constate alors que le "contenu" d'un message est souvent donné par un code digital, alors que tout ce qui concerne la "relation" est plutôt transmis par la communication "analogique."*
- La métacommunication : elle permet aux interlocuteurs de préciser et de corriger le sens de leur message. La métacommunication est essentielle pour réguler le processus de communication en permettant aux interlocuteurs d'échanger sur leur communication. Elle peut être explicite ou implicite et verbale ou comportementale ou contextuelle. Quand, dans le film de Pagnol, "Le Schpountz", Fernandel déclame sur tous les tons, "tout condamné à mort aura la tête tranchée", il illustre cette métacommunication. Quand un directeur convoque un employé dans son bureau, il lui signifie implicitement sa supériorité hiérarchique, et que ce qu'il a à lui dire est important.

9.2. Qualités des informations

Une information peut être définie comme étant le résultat de l'association d'un ensemble de données élémentaires avec des règles de calcul et de décision, qui donne un sens à ces données.

Les caractéristiques d'une information peuvent être définies par plusieurs critères [ADAM (1992)] :

- Son objet (l'étendue)
- Sa nature utile : qualitative et/ou quantitative

⁴⁷ D'après De ROSNAY J., Le Macroscopie, les Editions Du Seuil, Paris, p99, 1975.

- Sa structure exploitable : les points d'information attendus, organisés en niveaux successifs de détail (éléments statiques et éléments dynamiques)
- Sa précision (nécessaire et suffisante) fonction de l'exploitation envisagée et exprimée
- Sa fiabilité : en fixer le niveau par référence aux effets sur l'exploitation de cette information.

On peut également ajouter à cette liste, les critères suivants :

- la disponibilité : l'information existe quelque part. Elle a été émise et est stockée en mémoire. L'accès au stockage de l'information peut être plus ou moins aisé. Des procédures de contrôle d'accès à cette information peuvent en limiter les destinataires. La disponibilité peut se traduire par un temps d'accès à l'information : la disponibilité d'une information est grande lorsque le temps d'accès est faible et inversement.
- L'exactitude : les données associées à l'information existent ; elles sont conformes à la réalité, au moment où elles ont été utilisées ; elles sont vérifiables ; les règles appliquées pour leur donner du sens sont intègres : elles respectent l'objectif de communication de l'émetteur.
- La fiabilité : une information peut inspirer plus ou moins confiance. Elle peut s'appuyer sur des données qui sont susceptibles d'évoluer dans le temps. Les règles leur donnant du sens peuvent être plus ou moins hypothétiques.
- La complétude : les données associées à l'information sont exhaustives par rapport au juste nécessaire.
- La clarté : l'information est facilement compréhensible par le récepteur.

9.3. Définition d'un système d'information

D'après ROLLAND (1988), un système d'information au sein d'une organisation est un ensemble généralement formé des éléments suivants :

- - des recueils de données : ils permettent aux personnes qui en ont besoin, d'avoir une vision plus ou moins exhaustive d'aspects de la réalité de l'organisation.
- - des recueils de règles : ces règles permettent de manipuler et d'interpréter les recueils de données.
- - un ensemble de procédés pour acquérir, mémoriser, transformer, et communiquer des renseignements.
- - un ensemble de ressources humaines et matérielles pour sa mise en oeuvre.

Un système d'information est une représentation de la réalité. C'est un modèle simplificateur qui permet de représenter, mémoriser et communiquer des informations en fonction d'un objectif précis.

Pour LESCA (1990) "le système d'information possède trois dimensions toutes aussi importantes les unes que les autres. Ces trois dimensions sont :

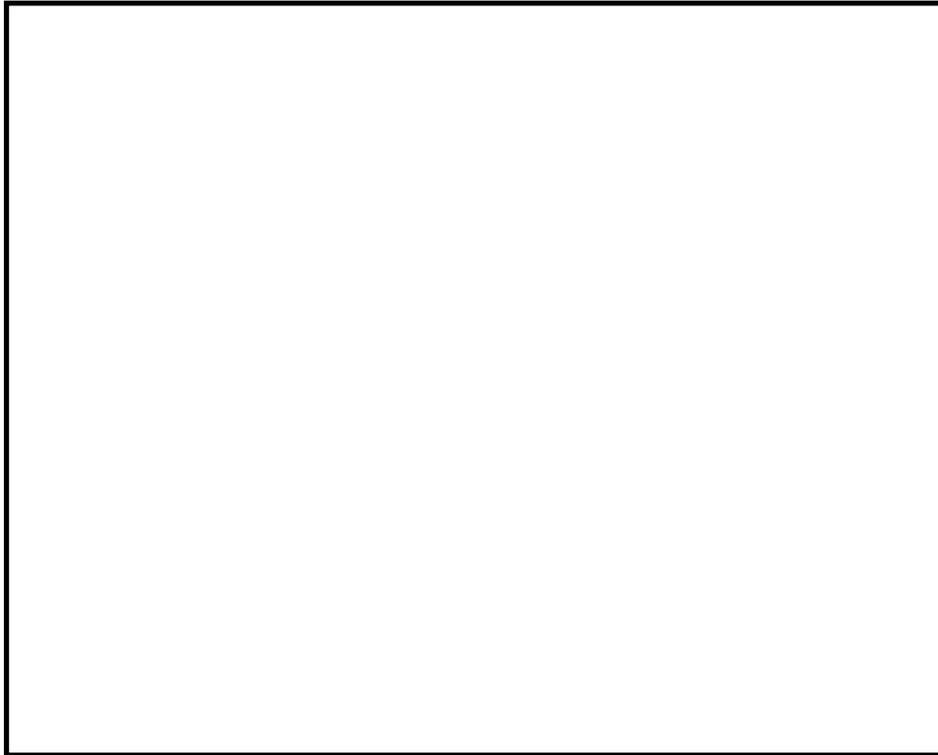
- les hommes de l'entreprise qui interviennent dans les flux d'informations. Ils sont tout à la fois les créateurs, les processeurs, les vecteurs et les utilisateurs des informations.
- L'organisation de l'entreprise (les circuits, les procédures, les règles de gestion, etc.),
- les technologies de l'information et de la communication."

METAYER (1970) considère que pour résoudre les problèmes de traitement et de circulation de l'information, il faut les aborder en cinq étapes :

1. La collecte des informations : l'élément central est le document qu'il convient de normaliser et de spécialiser en lui imposant des contraintes physiques et informationnelles. Ces contraintes ont pour objet :
 - de faciliter les opérations physiques sur les documents.
 - de réduire la quantité d'informations.
 - d'accroître la fiabilité de la transmission, en diminuant les informations parasites et les erreurs d'interprétation.
2. La transformation des informations : elle doit respecter une double contrainte de précision et de concision. Elle vise deux objectifs : permettre l'identification et le classement des informations, et assurer un contrôle automatique de leur transmission. Les règles de transformation permettant le passage d'un langage à un autre sont normalement définies dans des livres de codes, tels que des normes, catalogues, nomenclatures, standards, etc.
3. La transmission des informations : les opérations de transfert des informations peuvent les détériorer. Elles doivent donc s'accompagner de validations, destinées à détecter ces détériorations et à les corriger.
4. La conservation des informations : les informations sont conservées en vue de décisions à prendre. La rapidité, la convivialité, la fiabilité d'accès à ces informations sont des critères importants pour l'efficacité du processus de prise de décision.
5. La diffusion des informations : la diffusion des informations pose des problèmes similaires à ceux de la collecte. Des dispositions organisationnelles et des moyens techniques performants peuvent améliorer cette diffusion.

9.4. Le traitement de l'information

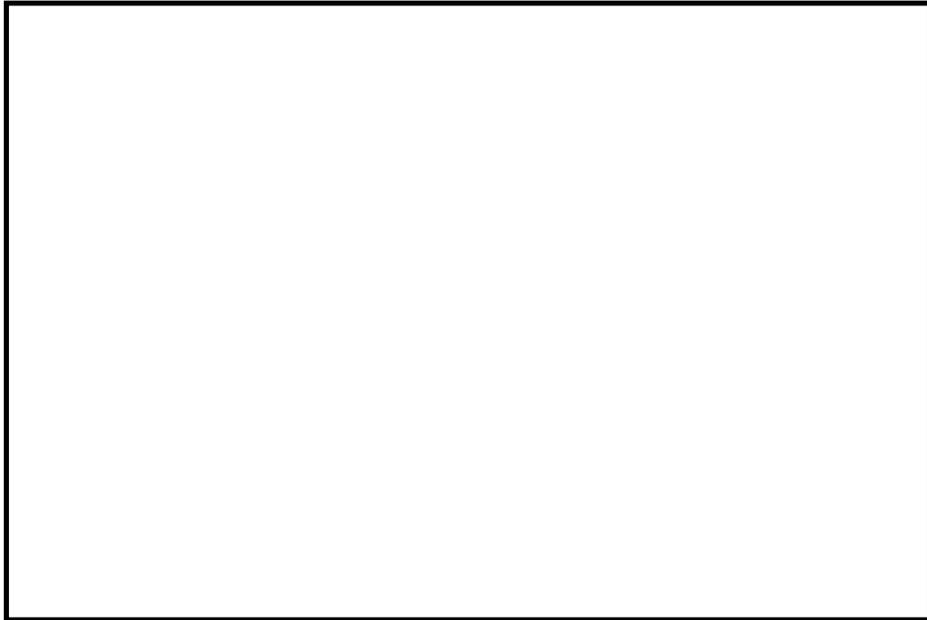
Au niveau humain, les travaux sur les systèmes cognitifs [GREENO (1973), HOC (1990), RICHARD (1990), TEBAA-GABLE (1993)], ont montré que le système mental traite des informations symboliques à partir des représentations mentales stockées en mémoire de travail (cf. Figure 47 : Le système cognitif, p. 104).



*Figure 47 : Le système cognitif
[selon TEEBAA-GABLE (1993)]*

HAURAT (1994) rappelle que pour construire ces représentations mentales et élaborer un processus de transformation de ces représentations, afin de délivrer des décisions d'actions, le système mentale exerce 3 types d'activités mentales (cf. Figure 48 : résolution des problèmes au sein des activités cognitives, p. 105)

- Les activités de compréhension : ce sont des interprétations, c'est à dire l'attribution d'une signification à un ensemble d'informations plongées dans un contexte afin d'obtenir de nouvelles informations chargées d'une nouvelle sémantique par rapport aux informations de départ.
- Les activités de raisonnement : ce sont des inférences, c'est à dire l'élaboration d'une ou plusieurs informations (conclusions) à partir d'une ou plusieurs informations (prémisses). Cette élaboration se fait par l'exécution d'un schéma d'inférence faisant partie des connaissances de celui qui infère.
- Les activités d'évaluation : ce sont des jugements, c'est à dire l'appréciation d'une ou plusieurs informations par rapport à des connaissances stockées dans la mémoire à long terme et données comme référence (normes ou critères). L'appréciation se fait par le biais d'inférences et aboutit à la validation ou non des informations évaluées.



*Figure 48 : résolution des problèmes au sein des activités cognitives
[selon TEEBAA-GABLE (1993)]*

Au niveau du "système Entreprise" l'information est traitée par ce que l'on appelle en systémique, les effecteurs (par exemple : le processus de décision). Ces traitements sont relativement peu nombreux, mais c'est leur combinaison qui engendre la complexité du processus. On peut citer comme fonctions de base :

- les fonctions de tri ou de sélection à partir d'un fichier,
- les fonctions de dénombrement,
- les fonctions de calcul,
- les combinaisons d'informations, selon une syntaxe, une logique,
- les fonctions de transformation de forme des données, sans changement de signification (par exemple : le codage).

9.5. Les pathologies des systèmes d'information

BARTOLLI (1990) constate une tendance à élaborer des systèmes d'information de plus en plus complexes. Il affirme que ces systèmes souffrent fréquemment des pathologies suivantes :

- volume d'information inadapté :
 - * systèmes produisant une surabondance de données, ce qui crée une incapacité d'exploitation et provoque des manques d'information à certains niveaux;
 - * systèmes produisant trop peu d'informations ou les diffusant à trop peu d'acteurs...
- Qualité de l'information insuffisante :
 - * imprécision des données ;
 - * non-pertinence des données par rapport aux besoins ou aux attentes ;

- * problème d'accessibilité aux données ;
- * inadéquation entre utilité de l'information et moment de sa diffusion.
- Transmission inadéquate :
 - * vitesse de diffusion trop lente (ou trop rapide),
 - * oubli de transmission latérale (diffusion de haut en bas seulement),
 - * défaut de "décodage-traduction" qui conduit à une non-compréhension de certains récepteurs."

10. SYNERGIE ENTRE QUALITE ET GESTION DE PROJET : VALIDATION EXPERIMENTALE

Nous avons jusqu'à présent abordé la Conception de Produits Nouveaux sous son aspect théorique. L'orientation que nous avons donnée à notre analyse nous a amené à mettre en valeur le rôle de la qualité et de la gestion de projet dans la réussite d'un projet. L'analyse fonctionnelle du processus de Conception de Produits Nouveaux nous a amené à faire la distinction entre la gestion des ressources et le management de l'information. Nous avons ensuite évoqué les diverses théories sur l'information et la communication pour qu'elles nous servent de guide pour comprendre l'importance de cet aspect dans la gestion d'un projet. Nous allons maintenant, dans ce troisième chapitre, valider nos hypothèses et notre analyse en exposant notre expérience de gestion de projets industriels. Nos objectifs seront :

- De montrer l'apport des démarches, outils et méthodes Qualité dans la conception d'un produit nouveau, en particulier au niveau de l'application des cinq concepts que nous avons retenus comme hypothèse de travail dans l'analyse de notre problématique :
 1. Le concept de prévention qui demande de prévenir les risques et de les gérer.
 2. L'exigence de formalisme qui implique l'utilisation de méthodes, en particulier l'analyse fonctionnelle.
 3. Le travail en groupes pluridisciplinaires pour améliorer la communication et la créativité.
 4. La satisfaction du client dans l'intérêt de l'entreprise : un produit de qualité.
 5. La capitalisation et le retour d'expérience pour ne pas recommencer plusieurs fois la même erreur.
- De valider notre analyse fonctionnelle et enrichir notre modélisation du processus de Conception de Produits Nouveaux :
 1. En déterminant de manière pratique, les composantes principales des fonctions de ce processus.
 2. En identifiant les dysfonctionnements et les manques en terme de gestion des risques projet.

10.1. Critères de choix des projets pour validation

Nous avons déterminé dans l'analyse de notre problématique, que la Conception de Produits Nouveaux était une activité complexe, en identifiant plus particulièrement comme élément de cette complexité, les critères suivants : la nature du produit (matériel, logiciel, de

service), le niveau initial d'expression du besoin (besoin latent : implicite ; besoin exprimé : explicite), les différents niveaux d'utilisateurs, le caractère de nouveauté du produit (le risque est facteur de ce caractère de nouveauté qui définit un potentiel de retour d'expérience disponible).

Le choix des projets retenus pour la validation de notre hypothèse de synergie entre qualité et Conception de Produits Nouveaux s'est donc fait en ayant comme critères de sélection :

- la nature du produit : matériel, logiciel, de service.
- l'expression du besoin : explicite, implicite.
- la connaissance du client et de l'utilisateur.
- Le caractère de nouveauté : amélioration d'un produit existant, produit original.

Nous avons ajouté à cette liste de critères de complexité, des critères de représentativité des projets. Les critères que nous avons retenus sont :

- Le cycle de l'étude : il devait couvrir le plus possible le cycle allant de la définition des besoins auxquels devait satisfaire le produit, jusqu'à sa qualification industrielle.
- La taille en durée et en ressources : elle devait être importante pour avoir une vision significative de la complexité d'un Projet de Conception de Produit Nouveau.
- Le formalisme de pilotage du projet devait être fort. Ceci afin de disposer d'une traçabilité des informations mises en circulation entre les partenaires qui permette une analyse et une détermination des fonctions du processus de Conception de Produit Nouveau.

Les projets auxquels nous avons été associés, en tant que chef de projet, ou en tant que conseil auprès du chef de projet, et illustrant au mieux le mariage de ces critères sont :

- le projet de conception et développement du Nouveau Masque de Protection NBC des Armées Françaises ; projet appelé « Projet NMA ».
- Le projet SIR : Simulateur interactif de rotative.

Nous avons synthétisé dans le tableau suivant, les caractéristiques qui font de ces deux projets, des cas d'application et des supports de validation de nos hypothèses de travail et de notre analyse de la problématique définie en première partie.

	Projet NMA	Projet SIR
la nature du produit	matériel	logiciel
l'expression du besoin	explicite	non explicite
la connaissance du client et de l'utilisateur.	L'état major de l'armée de l'air. Les avitailleurs d'avions	des centres de formation, des constructeurs de rotatives d'imprimerie. des conducteurs de rotatives, expérimentés ou non.
Le caractère de nouveauté	améliorations très importantes d'un produit existant : fonctionnalités, matériaux, type de fabrication, moyens d'études.	produit original : pas de produit concurrent.
Le cycle de l'étude	De l'expression des besoins à la qualification du produit et de son process de fabrication.	de l'expression des besoins à sa commercialisation.
La taille en durée.	4 ans.	4 ans.
La taille en ressources humaines	équipe projet de 5 ingénieurs ; 4 laboratoires ENSAM associés - collaboration avec 6 entités externes (industriels et laboratoires).	équipe projet de 3 ingénieurs - 10 entités partenaires (écoles, industriels, organismes de formation, Sté de service informatique).
La taille en ressources matérielles	moyens d'études en CAO très importants.	Partenaires importants.
La taille en ressources financières	plusieurs dizaines de MF.	de l'ordre de 10 MF.
Le formalisme de pilotage du projet	exigences exprimées sous forme de contraintes de traçabilité des études en vue du transfert du savoir et savoir-faire acquis vers le maître d'ouvrage. besoin non formulé mais implicite de fournir des preuves pour entretenir la confiance et la crédibilité : choix de travailler en assurance qualité	pas d'exigences explicitement formulées : besoin implicite de fournir des preuves pour entretenir la confiance et la crédibilité : choix de travailler en assurance qualité

Figure 49 : grille de choix des projets d'expérimentation

10.2. Le projet NMA

Ce projet est caractéristique d'un projet où la demande est explicite. Le client est parfaitement identifié (ici l'armée de l'air), ainsi que les utilisateurs (les aviateurs d'avions). Le produit à développer a pour vocation de remplacer un produit bien connu (masque de protection). Il s'agit d'un produit matériel qui comporte cependant des innovations majeures par rapport au produit existant. Sa durée de vie est d'au moins trente ans mais il est développé dans un environnement concurrentiel qui impose de respecter les délais, les objectifs de coût du produit et les performances attendues. Ce projet est original du fait de l'implication d'une école en tant que maître d'oeuvre dans le développement d'un produit militaire. Mais la structure mise en place pour répondre à la demande du donneur d'ordre est comparable à celle d'un industriel. Nous considérons donc ce projet comme représentatif de notre problématique.

Nous exprimons dans un premier temps, la complexité du projet. Nous montrons ensuite comment la mise en place d'un système de management de la qualité, associé à des techniques de gestion de projet, a permis de respecter les objectifs du projet. Nous faisons une analyse du projet sous l'aspect processus pour en dégager les premiers éléments de notre modélisation. Nous faisons ensuite une analyse des modalités de prise en compte des risques. Nous montrons que ces risques ont été gérés, de manière formelle en terme de coûts, délais et performance du produit selon le concept de contrôle, donc à posteriori. Mais nous montrons également comment les aspects du management de l'information ont participé de façon positive, à une gestion implicite et non formalisée des risques. Ce management de l'information a mis en oeuvre des principes de travail de groupe (dans le cadre de relations clients/fournisseurs, interne et externe) et de traçabilité documentaire.

10.2.1. Un projet ambitieux dans un environnement complexe

En 1983, l'Armée Française décide de lancer l'étude d'un nouveau masque de protection NBC en vue du remplacement du matériel existant. La demande des Etats Majors est de concevoir un Nouveau Masque de protection qui devra permettre à un combattant, d'évoluer, de communiquer, de travailler et de s'alimenter, pendant 24 heures.

Ce projet est confié aux chercheurs du C.E.B. (Centre d'Etudes du Bouchet), spécialisés dans les études sur la protection individuelle et collective contre les agressions NBC.

Parallèlement à ses études internes, le CEB s'adresse dès 1983 à L'ENSAM (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers - Paris) pour effectuer des études de matériaux et de nouveaux concepts pour assurer l'étanchéité d'un masque sur un visage humain.

En 1985, suite à ces études de faisabilité, les Etats Majors des Armées fixent comme objectif au CEB de livrer plusieurs milliers de masques pour le début 1989.

Le CEB répartit alors les tâches entre plusieurs partenaires :

- La MAS (Manufacture d'Armes de Saint-Etienne) : maître d'oeuvre pour la conception et le développement des accessoires.
- La Faculté de Médecine de Paris : responsable des numérisations stéréo-photogrammétriques des visages et conseil pour la détermination de la classification des tailles de visages et des masques.
- L'ENSAM : maître d'oeuvre pour la conception et le développement de la partie Couvre-Faces, déclinée en quatre tailles.

Le développement du Couvre-Faces, produit innovant, a été défini comme un projet ayant pour objectifs :

- de définir un produit répondant aux besoins des utilisateurs,
- De qualifier cette définition, c'est à dire d'apporter la preuve que la définition obtenue en fin de projet est apte à satisfaire le besoin des utilisateurs,
- De transmettre le savoir faire développé par l'ENSAM, au CEB au niveau :
 - * des outils informatiques mis en oeuvre et développés dans le cadre du projet : la CAO, la FAO, les Machines à Commande Numérique,...
 - * des méthodes de travail telles que la créativité, l'assurance Qualité, la Qualité Totale...
 - * des méthodes de fabrication

Lancé avec de larges possibilités de solutions technologiques et fonctionnelles, le projet s'est placé dans un contexte où les spécifications ont été acceptées comme devant nécessairement évoluer en fonction de l'amélioration progressive de la connaissance des besoins et des possibilités techniques d'y répondre.

10.2.2. La qualité : une approche globale du management de projet

Le management de ce projet nous a amenés à considérer sept domaines en interactions qui permettent de rendre compte de la complexité du projet : le système de pilotage du projet, les tâches, les coûts, les délais, l'architecture produit, les fonctionnalités du produit et de ses sous-ensembles, le réseau client-fournisseur (cf. figure 50 : les 7 domaines de complexité du projet NMA. Page 111).

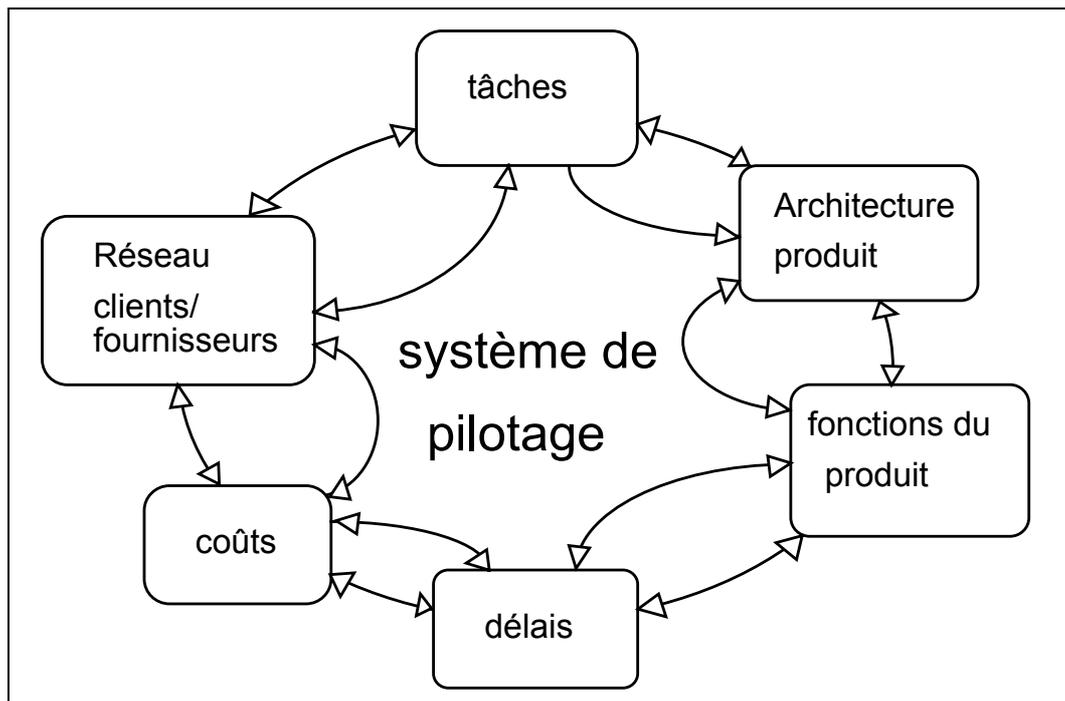


figure 50 : les 7 domaines de complexité du projet NMA.

Ce projet présente les principales caractéristiques d'un système complexe (au sens de la systémique). C'est à dire comme étant selon LE MOIGNE «... par définition, un système que l'on tient pour irréductible à un modèle fini, aussi compliqué, stochastique, sophistiqué que soit ce modèle, quelle que soit sa taille, le nombre de composants, l'intensité de leurs interactions... ».

Le système de pilotage.

Le projet a fait l'objet d'un travail préliminaire de base : la rédaction, sur la base de l'organigramme des tâches (cf. figure 51 : "organigramme des tâches" page 112), d'un *Plan de Management de la Qualité* décrivant les diverses dispositions préétablies par l'ENSAM pour atteindre les objectifs visés : qui fait quoi ? Comment ? Dans quels délais et à quel coût ? Après approbation par le CEB, ce *Plan de Management de la Qualité* a été régulièrement mis à jour par l'ENSAM.

Dans le cas de ce projet, plusieurs dispositions ont porté en particulier sur l'assurance qualité d'une utilisation performante et compatible des systèmes XAO entre les différents acteurs du réseau clients/fournisseurs. L'organigramme des tâches nous a permis de déterminer ainsi des lots de travaux élémentaires, gérables en termes de délais et de coûts.

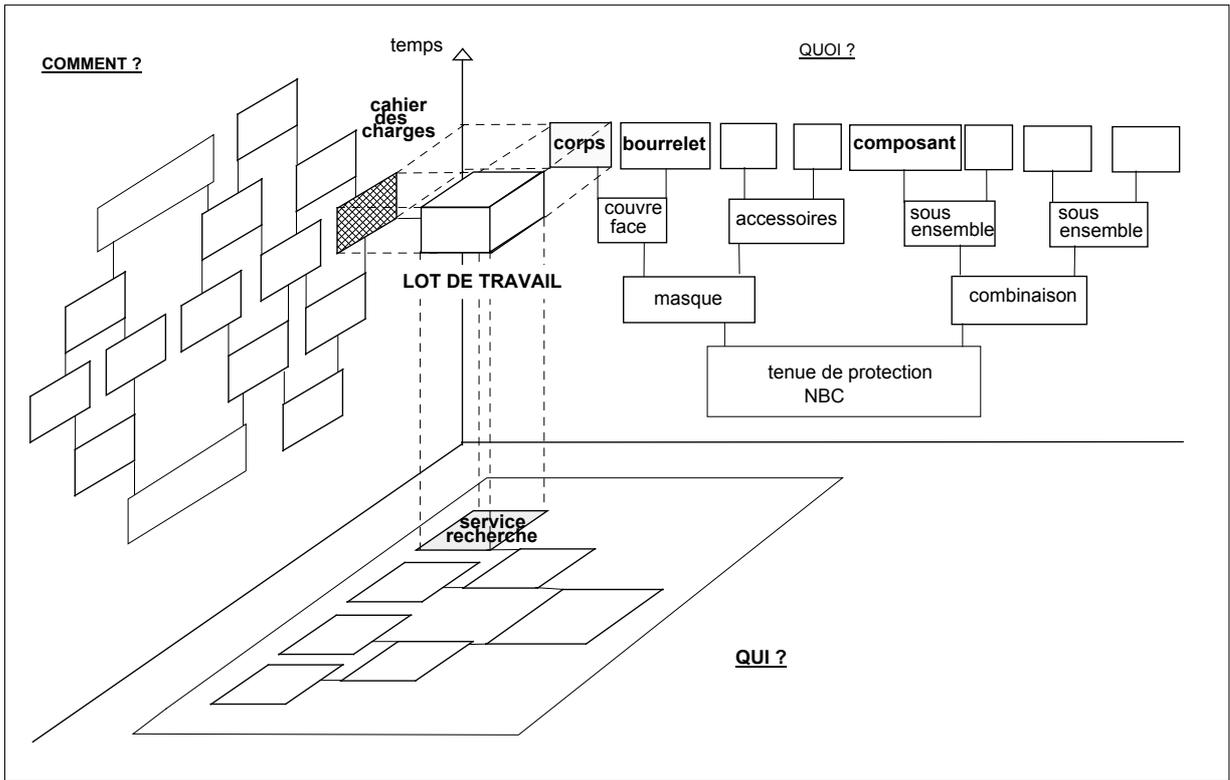


figure 51 : "organigramme des tâches"

D'autre part, le projet ayant été programmé sur quatre années, nous avons été amenés, dès le début, à le décomposer en plusieurs phases, limitées par des jalons, donnant lieu à des revues de projet (cf. Figure 52 : jalons, phases, et bouclage des actions de conception., page 112).

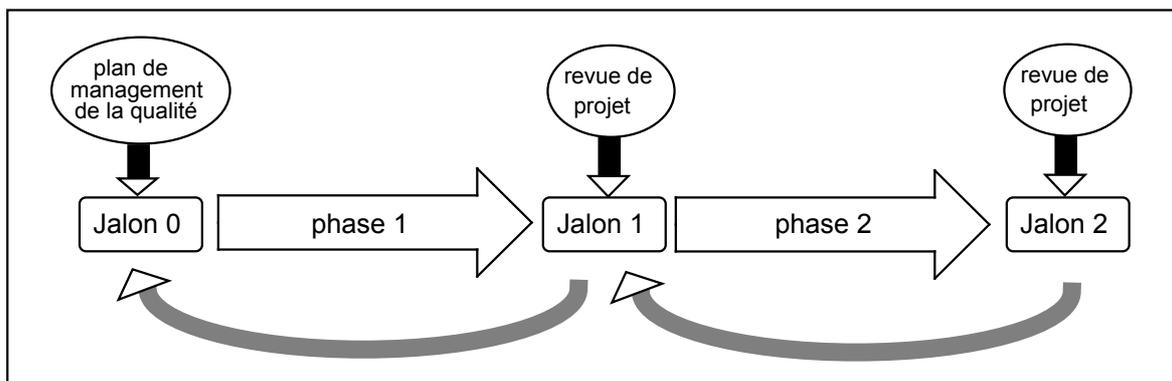


Figure 52 : jalons, phases, et bouclage des actions de conception.

Celles ci ont eu pour objet de rassembler régulièrement, de manière cohérente, tous les travaux et justifications des résultats obtenus. Ceci afin de permettre aux membres du comité de pilotage de statuer sur la suite à donner aux études, au niveau des délais, des coûts et des performances du produit. Nous avons pu ainsi minimiser parfois les risques et surtout limiter les conséquences des aléas, inévitables dans la conception d'un produit nouveau, en réorientant à chaque fois que cela a été nécessaire, la suite des travaux. Ceci en s'appuyant en

particulier sur l'expérience acquise dans les phases précédentes. Le projet n'a donc pas été figé dès le début, une fois pour toutes, mais a évolué en fonction des aléas et des opportunités.

Nous avons pu constater à ce stade de nos travaux que l'appréciation de ces risques ne répondait pas aux critères qualité que nous avons retenus comme pertinents dans notre analyse de la problématique : les dysfonctionnements du projet ont été analysés de manière intuitive, essentiellement à partir du moment où ils ont eu des conséquences tangibles, dans une logique de correction au niveau de conséquences. Les causes n'ont été que peu analysées. Il n'a pas été mis en oeuvre de démarche d'analyse de risque, formalisée, en prévention, et par conséquent pas de principe de capitalisation d'expérience non plus. Nous analysons cette prise en compte des risques dans le projet NMA dans le chapitre 10.2.5 « Conclusion sur le projet NMA », page 125.

Les tâches

Pour identifier et donner un sens aux différentes tâches à accomplir nous avons mis en oeuvre un modèle de « *feed-back* » inspiré du principe de la roue de DEMING (1989) « *plan, do, check, action* » ainsi que de la « *règle des bouclages* » telle que CAVALIEZ (1992) la décrit dans son ouvrage « *méthodes de management de Programme* ».

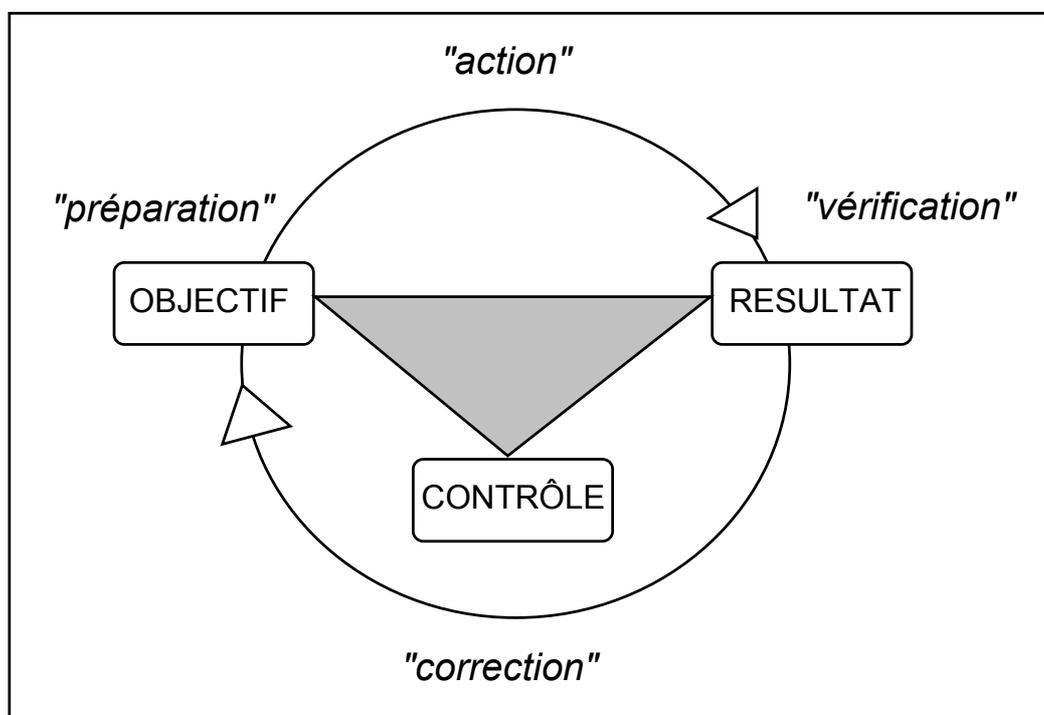


Figure 53 : règle des bouclages

Nous avons défini ces tâches comme étant des « *processeurs* » ayant pour fonction de faire passer la définition du produit d'un état à un autre : nous avons défini ces états du produit

comme étant des ensembles d'informations définissant le produit, à partir d'un « *besoin latent* » jusqu'à une « *solution qualifiée* » c'est à dire, conforme au cahier des charges (cf. Figure 54 : processus de conception du masque, page 115). Le passage du produit d'un état à l'autre de sa définition constitue notre modèle de processus de Conception de ce Produit Nouveau.

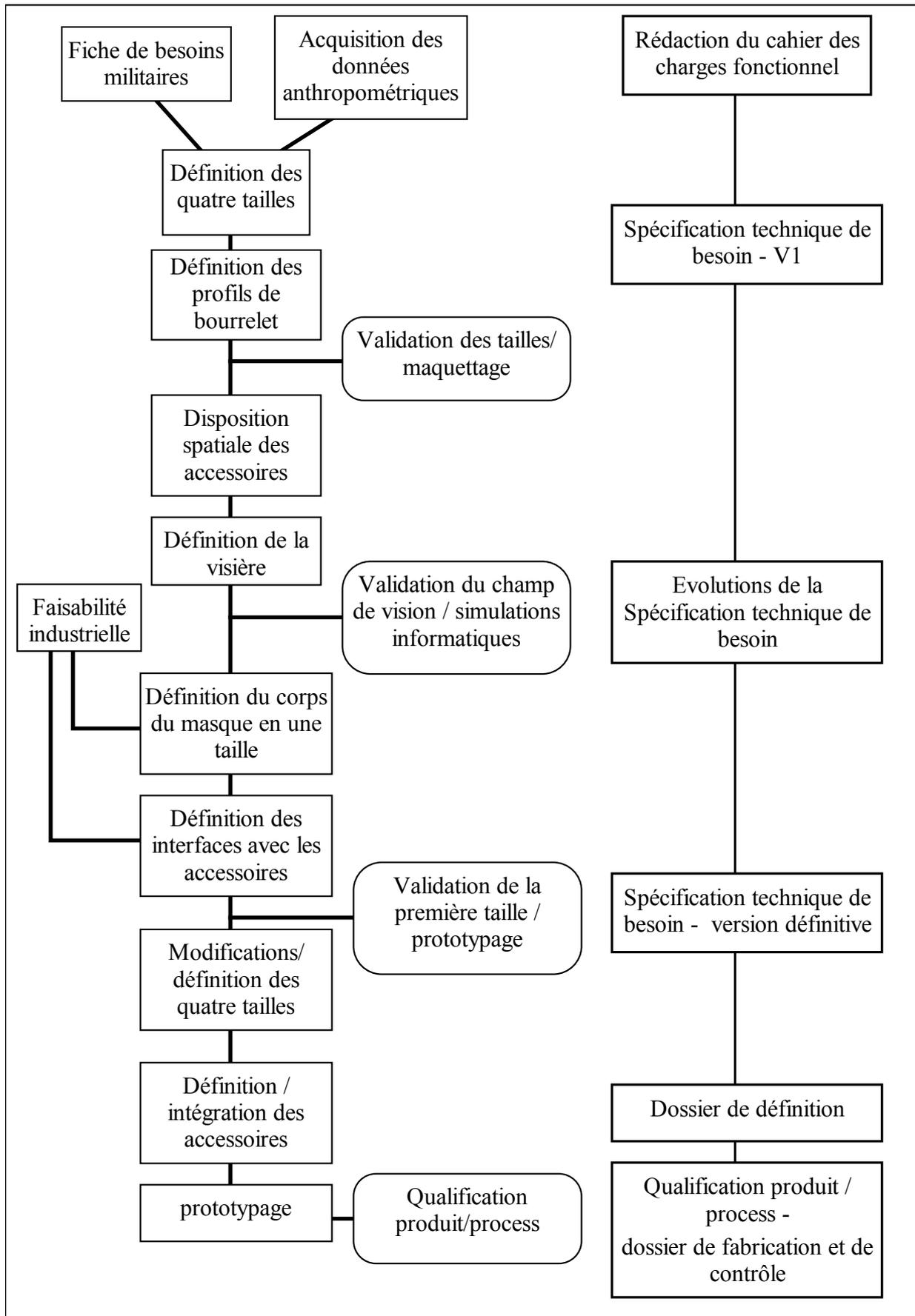


Figure 54 : processus de conception du masque

10.2.3. La gestion des risques projet : coûts, délais, performances techniques

Les coûts

Deux aspects de la gestion des coûts ont été envisagés dans le projet :

- les coûts relatifs à l'engagement de ressources humaines et matérielles pour réaliser l'étude du produit.
La relation contractuelle avec notre donneur d'ordre était uniquement du domaine des activités d'études. Les coûts que nous avons à gérer étaient donc étroitement liés aux délais des tâches de conception. Ils ont été gérés informatiquement en corrélation avec le planning PERT. Les coûts impliquant des réalisations autres, en particulier de sous traitance, étaient financés selon d'autres modalités (avenants ou financement direct des sous-traitants par le CEB). Les risques de dérives des coûts étaient donc essentiellement gérés par le CEB. Cet aspect particulier du projet est donc peu représentatif de la gestion des risques financiers dans un projet.

- Les coûts relatifs à la fabrication du produit, étroitement liés :
 - ☐ aux critères de valeur du produit et à sa conception,
 - ☐ Aux moyens de fabrication.

Les techniques de l'Analyse de la Valeur ont été développées pour déterminer, de manière prévisionnelle, ces coûts, et aider à la prise de décision dans le choix des solutions alternatives.

L'objectif de l'étude était de se donner des éléments de comparaison entre plusieurs solutions alternatives les plus objectifs possibles. Il importait alors d'utiliser une méthode d'évaluation qui rende compte, à la fois, des équivalences de fonctionnalités et des différences e solutions : nous avons donc utilisé l'analyse de la valeur dont c'est le concept de base d'assurer cette dichotomie entre fonctions et solutions. Nous avons appliqué la méthode tant au niveau de la conception des deux produits que de leur fabrication (Analyse fonctionnelle de processus). Les coûts de fabrication des différentes solutions ont été estimés avec des experts. Ils ont tenu compte des conditions d'environnement telles qu'elles seraient raisonnablement envisageables s'il fallait fabriquer ce produit avec ces solutions. L'analyse fonctionnelle a permis de définir une trame de comparaison entre les diverses possibilités de produits qui a mis en évidence les avantages et déficiences de chacune des solutions. Ces paramètres ont pu faire alors l'objet de notations et d'un classement suivant une pondération des critères de valeur associés aux fonctionnalités des produits. De plus, l'étude d'une fabrication en "Assurance Qualité" de ces solutions a établi les contraintes et limites

nécessaires et admissibles de mise en oeuvre industrielle. Par cette étude, il a été mis en évidence les avantages concurrentiels de la solution retenue, mais aussi ses faiblesses, auxquelles il a pu être en partie remédié.

Les délais,

Le développement de ce projet devait se faire dans un intervalle de temps donné. Ceci a nécessité de planifier les tâches à réaliser, c'est à dire :

- identifier les tâches « classiques » de conception du produit mais aussi celles liées :
 - * aux actions qualité,
 - * à des actions de mise au point de solutions à risques,
 - * à des scénarios de réorientation du projet en cas d'aléas.
- Estimer leur durée,
- Définir une logique d'enchaînement des tâches en identifiant pour chacune d'elles les différents prédécesseurs,
- Déterminer les dates, les délais, et tâches critiques (par diagramme PERT)
- Déterminer les jalons qui ont permis de procéder régulièrement à des revues d'avancement du projet.

Les performances techniques

Dans le cas du masque de protection, plusieurs innovations ont été mises en oeuvre :

- au niveau des concepts fonctionnels : le principe d'une visière souple, panoramique,
- Au niveau technologique : le surmoulage de la visière et la technologie d'injection thermoplastique bimatière du corps et du bourrelet.
- Au niveau des moyens d'études : l'utilisation continue de la CFAO pour concevoir le masque, simuler les fonctions, usiner des maquettes puis réaliser les moules.

L'association de ces éléments innovants a été ressentie, dès le départ du projet, comme un facteur de risque. Bien que non formalisée, la perception de ces risques a convaincu les partenaires du projet de la nécessité de l'adoption d'une démarche d'assurance qualité.

La construction de la qualité du produit s'est faite en utilisant les techniques de l'ergonomie, du design, de l'architecture produit, de l'analyse fonctionnelle.

L'ergonomie a permis de définir les quatre tailles de masque, en fonction des contraintes de confort. Ces contraintes étant particulièrement sévères (du fait d'un port possible du masque pendant vingt-quatre heures), et les données associées à ces notions de confort et de douleur n'étant pas totalement maîtrisées, le risque de ne pas définir des tailles de masque satisfaisantes a conditionné fortement le scénario du projet. Une étape très importante de maquettage d'une des solutions, sur une taille a été définie. Elle a permis d'acquérir des

informations importantes, bien qu'incomplètes, pour la définition des autres tailles, et la reproductibilité industrielle.

Nous avons également opté pour une étude de concepts, en sous-traitance, par un cabinet de Design. Ces travaux, non prévus initialement, ont fait l'objet de polémiques à leurs débuts car leur justification ne paraissait pas évidente. En effet, un masque de protection NBC pour les armées est perçu avant tout comme un produit technique, fonctionnel, au sens restreint, c'est à dire ne laissant aucune place à la créativité esthétique et d'usages autres que ceux directement formulés dans la fiche technique de besoin. Nous avons convaincu l'équipe projet de passer un contrat d'étude de Design avec un cabinet extérieur, en mettant en avant le principe qualité de remise en cause du besoin exprimé, de validation de ce besoin, et de recherche de satisfaction du besoin latent. De fait, l'étude de Design a ouvert des possibilités nouvelles de traitement de l'aspect formel du masque. Bien que très fortement contrainte par les aspects fonctionnels, la définition de l'esthétique du masque s'est inspirée des propositions des designers.

La définition de l'architecture du produit nous a amené à l'étudier au départ comme faisant partie d'un « *système d'ordre supérieur* » de protection globale du combattant. Le besoin auquel devait répondre ce système de protection étant ainsi défini et validé, les fonctions du masque ont pu être analysées par rapport à son environnement (cf. Figure 55 : architecture produit : décomposition fonctionnelle, page 119).

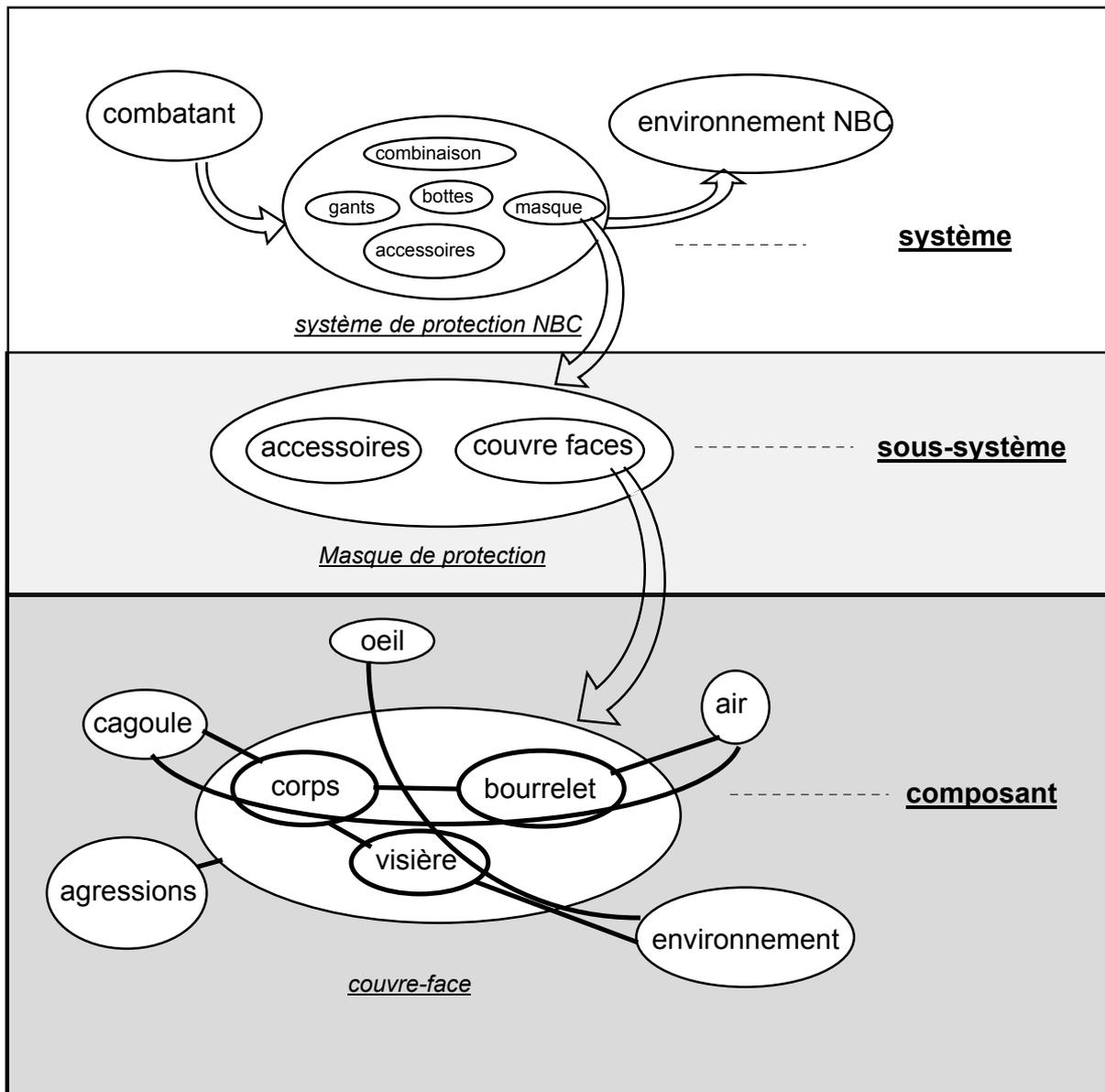


Figure 55 : architecture produit : décomposition fonctionnelle

Le produit a pu être ainsi décomposé en sous-ensembles fonctionnels selon une arborescence allant du produit global à ses constituants élémentaires. La définition de cette architecture produit a été à la base de l'établissement de l'organigramme des tâches, élément clé du « système de pilotage qualité » du projet.

Les fonctions du produit ont ensuite été définies par « l'analyse fonctionnelle » en termes de « services à rendre à l'utilisateur final » en faisant abstraction le plus possible de toute solution technologique. Plusieurs concepts de masque ont été définis. Les principes technologiques alternatifs associés à ces concepts, ont été envisagés. Un choix a été fait parmi ces différents concepts et principe, en particulier en s'appuyant sur des études d'Analyse de la valeur ainsi que des analyses de modes de défaillances, effets et criticité (A.M.D.E.C.).

Des critères de valeurs ont été associés à ces fonctions ainsi que des niveaux de flexibilité permettant de donner une marge de manoeuvre au concepteur selon l'importance de la fonction. Ces données ont été rassemblées dans le Cahier des Charges Fonctionnel rédigé selon la norme française NF X50 151.

Puis des séances de créativité ont permis d'envisager plusieurs solutions pour répondre aux fonctions à remplir par le produit. Le choix entre ces solutions s'est fait en tenant compte des indicateurs qualités suivants :

- Performances de la solution/performance spécifiée.
- Coût de la solution/coût objectif.
- Délai de mise au point/délai planifié.

L'utilisation de ces techniques a permis d'élaborer un dossier de définition particulièrement détaillé, en particulier sous forme CAO. Le contrôle de la qualité de cette définition a été réalisé par l'utilisation d'un processus de qualification produit/process pour les fonctionnalités et la reproductibilité industrielle. Ce processus de qualification de la définition a consisté à réaliser, dans des conditions représentatives de la production série, une grande quantité de prototypes, dans les quatre tailles, et de les tester dans des conditions représentatives des conditions opérationnelles. Les résultats de ces tests ont permis de valider les définitions des masques sous réserves de modifications mineures de certains aspects, ne remettant pas en cause l'essentiel des définitions.

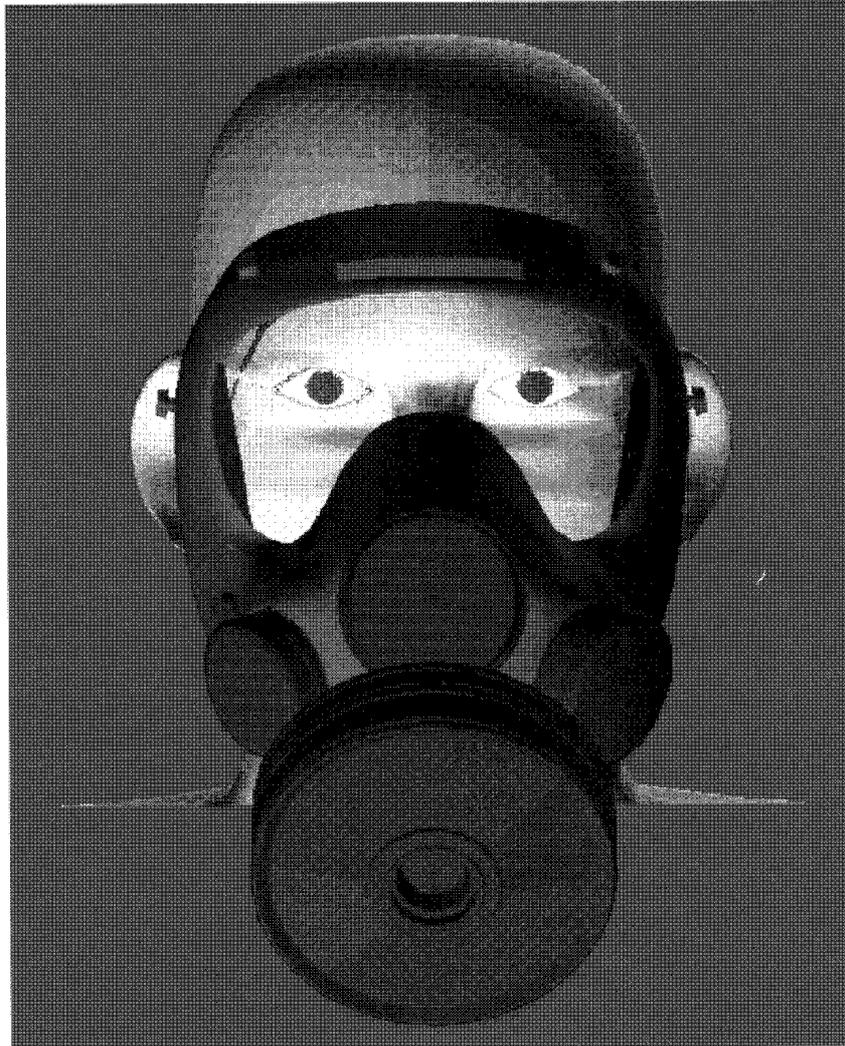


Figure 56 : image CAO du masque NMA

10.2.4. La gestion des risques dans le cadre d'un réseau client-fournisseur : importance de la communication et de l'information

Le travail en équipes pluridisciplinaires

Le CEB a choisi de faire collaborer une grande diversité de groupes d'acteurs sur ce projet. Nous avons constaté que la mise en place d'une démarche qualité dans le management de ce projet a été un facteur rassurant, de part sa rigueur, pour la collaboration entre tous ces acteurs. Ceci a autorisé chacun des acteurs à s'ouvrir à la créativité et a facilité l'émergence et l'adoption de concepts innovants.

Pour minimiser les risques d'échec du projet liés aux incertitudes de départ, aux innovations retenues, et aux difficultés de communication entre les différents acteurs du projet, l'hypothèse retenue a été de favoriser le principe du travail en équipes

pluridisciplinaires. Ces équipes ont fait intervenir plusieurs laboratoires de l'ENSAM, les partenaires extérieurs ainsi que les utilisateurs finaux du produit. La définition des modalités de prises de décision au sein de ces équipes nous a amené à définir les responsabilités de chacun des partenaires dans le cadre d'une relation de clients-fournisseurs, ayant des logiques différentes.

Nous nous sommes efforcés de veiller à ce que ces logiques, qu' Edgar MORIN désigne par le terme de « dia-logique », soient « *liées en une unité, de façon complexe (complémentaire, concurrente, et antagoniste) sans que la dualité ne se perde dans l'unité* ».

- Logique client pour le CEB : cet organisme d'études et de recherches, agissait par délégation, pour les Etats Majors. Ces mêmes Etats Majors avaient fait « remonter » le besoin des unités opérationnelles et l'avait interprété en fonction de critères non explicités. Le CEB était donc dans une logique de respect des spécifications des Etats Majors sans en connaître très bien les marges de manoeuvre au niveau de leur interprétation.
- Logique recherche, expérimentation et créativité pour l'ENSAM et la faculté de médecine : dans l'esprit de la démarche qualité mise en place, l'objectif de la conception du masque était de satisfaire l'utilisateur final : le personnel des armées devant être protégé en cas d'agression. Le projet devait respecter les contraintes de coûts, délais et performance du produit.
- Logique industrielle pour la MAS et les sous-traitants de l'ENSAM : la production du masque devait se faire en respectant les contraintes de productibilité, et de rentabilité industrielle.

Deux types de groupes de travail pluridisciplinaires, transversaux, ont été mis en place tout au long du projet :

- des groupes à objectifs pour résoudre des problèmes techniques, dans un domaine limité et un délai donné.
- Des groupes de pilotage réunissant des personnes ayant un pouvoir de décision important, prenant, au fur et à mesure de l'avancement du projet, les décisions qui convenaient dans le cadre de la mission du projet.

Un aspect important de la relation client-fournisseur a été l'implication contractuelle, dès le début de la conception du masque, des industriels devant réaliser les outillages de fabrication (moules d'injection thermoplastique) puis les masques. Ceux ci se sont donc engagés sur la faisabilité industrielle des solutions proposées, au fur et à mesure de l'avancement du projet : la démarche a donc été d'intégrer les contraintes de fabrication tout au long de la conception selon le principe d'Ingénierie Simultanée. Cette mise en parallèle des tâches de conception du masque et des outillages de moulage s'est faite grâce à la tenue régulière de réunions techniques avec les diverses personnes concernées. Les risques découlant de ces mises en parallèle de certaines tâches ont été perçus de manière intuitive par

les membres de l'équipe projet, mais n'ont pas été formulés et analysés de manière préventive.

Définition d'un système documentaire

En parallèle des actions de conception du produit, nous avons estimé nécessaire d'assurer une traçabilité des études par un système documentaire constituant la bibliothèque d'informations sur les différents états du produit. Ce système documentaire a eu pour missions:

- d'apporter des preuves formelles de la pertinence des actions menées,
- de constituer la mémoire du projet en vue de la transmission des savoirs et savoir-faire développés dans le cadre du projet. En effet, la conception d'un tel produit doit pouvoir évoluer dans le temps, en fonction des avancées technologiques et de l'évolution des besoins des clients. Pour ne pas faire d'étude redondante, il est souhaitable de pouvoir tenir compte des justifications apportées dans les différents choix de solutions, lors de la conception préliminaire.

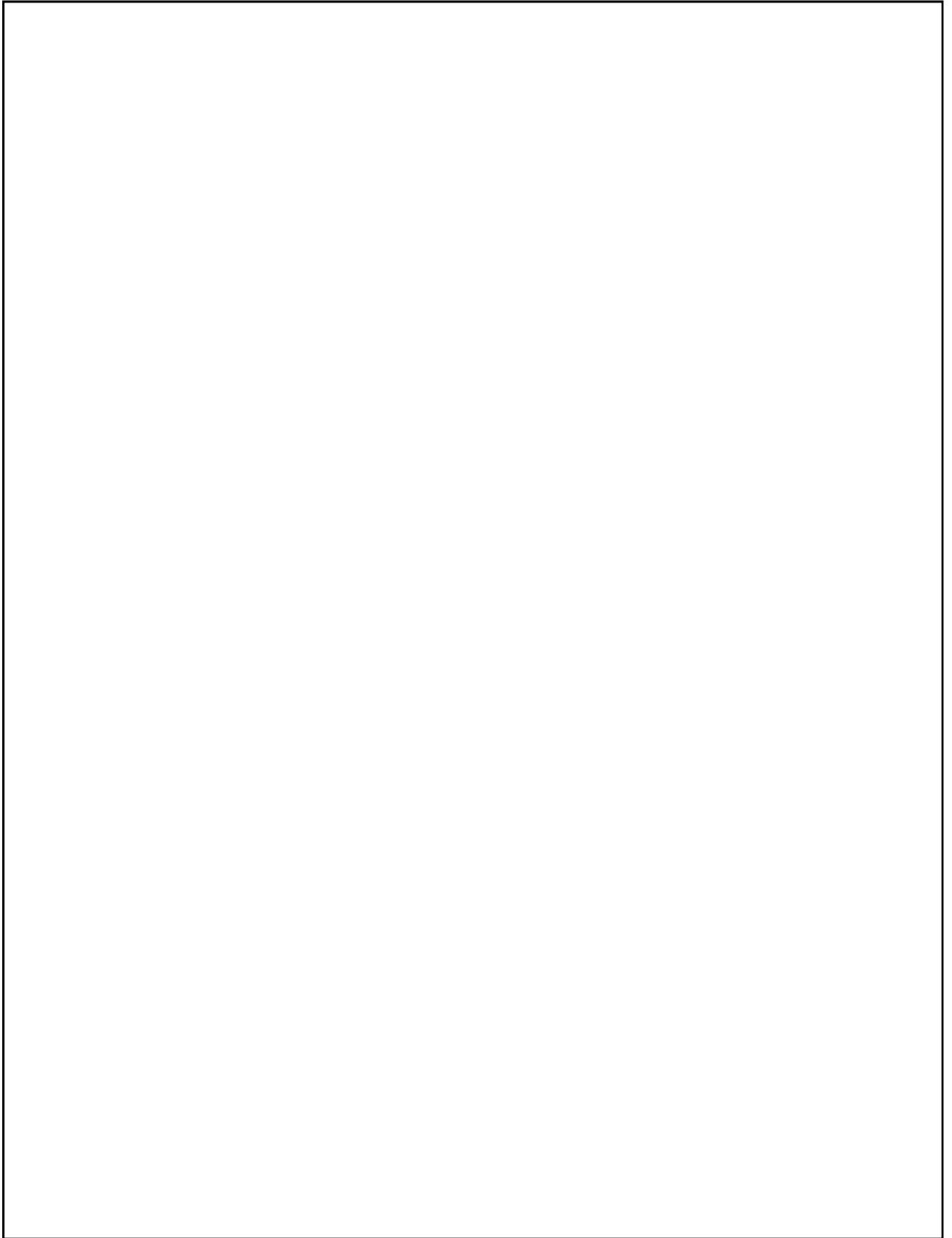


Figure 57 : démarche qualité STEN/QM de la DGA

Le système documentaire du projet NMA est constitué principalement :

- du **cahier des charges fonctionnel** : besoin fonctionnel exprimé en termes de services à rendre à l'utilisateur, par le produit. Il est destiné à l'exploration des concepts susceptibles de remplir la mission attendue du produit,
- De la **spécification technique de besoin** : besoin spécifié en termes techniques. C'est le document de référence pour les études,
- Du **dossier de définition** : il est constitué des dessins du produit,
- Du **dossier justificatif de la définition** : il rassemble toutes les justifications apportées pour le choix des solutions, par des calculs, des simulations, des prototypages, etc.,
- Le **dossier de qualification** : il valide la conception en apportant la preuve, au travers d'essais, de simulations, dans des conditions représentatives de l'utilisation réelle, que la définition du produit répond aux besoins exprimés dans la spécification technique de besoin,
- Des **dossiers de fabrication et de contrôle** : ils assurent que le produit sera réalisé en conformité avec la définition.

10.2.5. Conclusion sur le projet NMA

Analyse de l'apport des principes qualité dans le projet

La conception du nouveau masque de protection NBC des armées françaises s'est déroulée dans le cadre original d'une collaboration entre des partenaires très différents mais complémentaires par rapport aux exigences imposées par un tel projet : tant au niveau de la créativité que de la rigueur méthodologique. Le ciment de ces logiques spécifiques a été l'adoption, par tous les participants, d'une démarche orientée vers la satisfaction de l'utilisateur final et de tous les clients et fournisseurs du projet : la démarche qualité.

Ce projet a abouti à la réalisation d'une pré-série de plusieurs milliers de masques de protection et est passé en production de série après la mise en place des moyens définitifs de production industrielle.

Parmi les principes qualité que nous avons retenus dans nos hypothèses de possibilité de synergie entre Qualité et Conception de Produits Nouveaux, les principes suivants ont pu être validés :

- l'apport du formalisme dans les démarches et les relations entre les acteurs de la Conception de Produits Nouveaux. Ce formalisme a permis de structurer le projet de manière à le rendre intelligible pour tous les partenaires de l'équipe projet, et d'une manière plus générale, il a permis de donner confiance aux décideurs.

- Le travail en groupe pluridisciplinaire : il a permis aux divers acteurs impliqués dans le projet de mettre en commun leurs connaissances, leur créativité, et d'anticiper sur les événements par une meilleure communication sur les difficultés rencontrées par chacun.

- la satisfaction des besoins des utilisateurs dans l'intérêt de l'entreprise : la démarche qualité a amené les concepteurs à remettre en cause les besoins tels qu'ils étaient exprimés initialement. Ceci s'est fait tout en s'assurant du respect des contraintes de coûts et de délais par la participation active des industriels chargés de la fabrication des couvre-faces, des accessoires, et du montage final du masque, dès le début des tâches de définition des masques.

Analyse des risques dans le projet NMA.

Le scénario du projet n'a pas été défini une fois pour toutes au début du projet. Il a évolué en fonction des difficultés et des aléas. Bien que les risques projet n'aient jamais été formalisés, ils ont été indéniablement au cœur des préoccupations des membres de l'équipe projet pour définir les scénarios qui se sont succédés. En effet, des risques, que chacun percevait a priori et intuitivement comme étant importants, ont été pris. Il s'avère a posteriori que, même si les objectifs ont été globalement atteints, ces risques étaient effectivement critiques et pouvaient remettre en cause totalement le projet.

Les principaux risques projet ont été :

- l'utilisation de la CFAO pour définir les masques et les moules. Cette façon de procéder était très nouvelle en 1985. Aucun des partenaires (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Industriels, donneur d'ordre...) ne disposait d'une expérience solide en la matière. Il était même envisagé, dans les premiers scénarios de projet, de développer des applications informatiques de C.A.O. L'évolution relativement rapide des produits du commerce a permis d'abandonner très vite ces perspectives au profit d'une plus grande concentration des ressources sur le produit "NMA" lui-même⁴⁸. Le "pari" a été pris de constituer un dossier de définition du masque s'appuyant entièrement sur une définition CAO complète du masque. Cela représentait un avantage indéniable d'un point de vue "fidélité" de la définition des moules par rapport à celle des masques. Mais cela a également confronté les différents partenaires à de nombreuses difficultés de communication ; l'essentiel du travail se faisant devant des écrans d'ordinateurs, et les échanges de données sous formes informatiques. Cette relative "opacité" du travail des concepteurs vis-à-vis des décideurs a justifié pleinement la mise en place d'un contrat de partenariat entre l'ENSAM et les industriels et la tenue de réunions techniques régulières avec le donneur d'ordre. Cette façon de travailler a

⁴⁸ Ce n'est qu'à la fin du projet, que l'expérience acquise par les ingénieurs CAO de l'équipe "NMA" leur a permis de développer un des tout premiers logiciels de FAO automatisé. Ce logiciel est basé sur le principe de l'usinage par plan parallèle. Il est commercialisé depuis par la Sté COMPUTERVISION, un des leaders des logiciels de C.F.A.O. dans le monde.

indéniablement favorisé la communication entre les participants au projet et les prises de décision. Bien que non formalisé en terme de management des risques, cela peut être considéré comme étant un choix de scénario de projet.

- L'utilisation nouvelle de matériaux thermoplastiques et de procédés de transformation (injection bi-matière) pour ce genre d'application a été un deuxième facteur de risque important. Les technologies "imposées" pour la fabrication de ce nouveau masque étant directement issues d'études de faisabilité en laboratoire, le premier passage à une application industrielle ne pouvait qu'être l'objet de crainte d'échec. La conséquence de cette incertitude a été la définition d'un projet comportant une phase très importante de prototypage. Cette phase a été importante à la fois techniquement, financièrement, et du point de vue des délais. Elle a été véritablement la charnière du projet. Basée sur la validation en une taille du produit et de son procédé d'obtention, cette phase imposait de réussir pour la suite du projet, sans véritable alternative possible. Elle permettait de valider une taille de masque, et son procédé d'obtention, tout en laissant de grandes incertitudes sur les autres tailles et la possibilité d'extrapoler les conditions d'injection des autres tailles à partir d'une seule taille de masque. Cela a laissé dans la mémoire des principaux acteurs quelques nuits blanches de mise au point au pied des machines, où le doute et les espoirs se succédaient sans cesse, jusqu'au moment où "ça a marché!".

- La définition des tailles de masque a été le troisième facteur de risque du projet. Bien que faisant appel aux meilleurs experts en la matière⁴⁹, l'anthropométrie appliquée à la définition de taille de masque n'est pas une science totalement sûre. En effet, la définition des tailles s'est faite à partir de valeurs dimensionnelles relevées sur des visages en statique alors que tant les visages que les masques sont des matières déformables. De plus, l'exigence de confort imposée par la durée prolongée du port du masque ne pouvait être prise en compte que de façon très subjective. En effet, personne ne disposait de donnée sur la douleur engendrée par la compression d'un masque sur un visage. Or, une gêne à peine perceptible au début du port d'un masque peut s'avérer insupportable après plusieurs heures de port. Le scénario basé sur la validation par prototype, d'une seule taille de masque comportait un risque indéniable. Pour diminuer ce risque, il a été réalisé des maquettes de chacune des tailles, usinées sur des fraiseuses à commandes numériques, dans des matériaux tendres à l'usinage, mais durs au contact de la peau. Ces maquettes ont été les supports pour des échanges d'informations entre les différents acteurs du projet. Elles ont permis d'approcher de

⁴⁹ L.A.A. : Laboratoire d'Anthropologie appliquée de la faculté de médecine - Rue des Saints Pères - Paris.

très près, la définition des quatre tailles de masque mais elles n'ont pu éviter totalement des reprises de définition des masques, et donc des moules, au niveau de la production des pré-séries.

Finalement l'histoire retiendra que ce projet a été une réussite, mais les acteurs du projet sont bien conscients que plus d'une fois, ils se sont retrouvés sur "le fil du rasoir". Toute cette expérience acquise en matière de gestion des risques s'est dispersée avec les hommes qui ont participé au projet sans qu'il en soit conservé une trace, réutilisable pour d'autres projets. En effet, ce qui reste du projet et ce dont on parle, c'est une version redonnant à posteriori une cohérence à toutes les actions menées. Ceci, sans mettre en évidence et en valeur, la part des risques vraiment "maîtrisés" et les "coups de chance".

10.3. Le projet SIR⁵⁰

Ce projet est né de la rencontre de deux écoles reconnues chacune dans leur spécialité. En septembre 1986, l'Ecole Supérieure d'Art et Industrie graphique contacte le service Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM. Le projet initial est alors de trouver un moyen permettant de former les élèves de L'Ecole Estienne à la conduite de rotatives OFFSET. La seule rotative de l'école étant devenue hors normes.

Cette étude, développée dans le cadre du DEA CPN a rapidement débouché sur un projet plus vaste intéressant l'ensemble de l'industrie graphique française.

Nous allons tout d'abord illustrer les différents aspects de la complexité du projet : le contexte professionnel, le besoin latent, le public cible, le concept de produit proposé. Nous présenterons ensuite la structure mise en place pour répondre à la nécessité d'acquérir, de traiter et de diffuser une grande quantité d'informations dans le cadre de ce projet. Nous exposerons ensuite les apports de la démarche qualité mise en place sur ce projet. Nous concluons, comme dans le cas du masque de protection, sur les effets d'une prise en compte non-formalisée des risques projet, au niveau du management de l'information.

10.3.1. Les différents domaines de complexité

Contexte du projet :

L'Industrie graphique est la 6^{ème} Industrie de France et se classe au 6^{ème} rang des secteurs industriels devant l'automobile et la chimie et talonnent de peu les industries aéronautiques. Ce constat optimiste peut être étendu à l'Europe.

Pour faire face à une demande de plus en plus importante, l'outil de production et en particulier la rotative ont, eux aussi, bénéficié des derniers apports de la technique.

Ces machines de plus en plus rapides sont désormais dotées d'automatismes très sophistiqués. Le conducteur de rotative est amené à devenir un technicien. Or, il n'existe à ce jour, aucune formation spécifique préparant à ce métier. Les écoles d'industrie graphique ne peuvent, faute de moyens, acheter de rotative. Ces machines coûtent en effet de 20 à 30 millions de francs et le coût horaire d'utilisation oscille entre 10 et 20 mille francs. Le métier s'apprend donc sur le tas, au pied des machines en commençant par les tâches les plus simples. En fonction des opportunités et de la motivation, le nouveau venu occupera

⁵⁰ Ce travail a été réalisé en collaboration avec M. Bertrand COUPIN dans le cadre de ses travaux de thèse dans le laboratoire CPN. Nous n'abordons ici que l'aspect général du projet ainsi que la composante Qualité de ce projet. Nous invitons le lecteur à prendre connaissance de la thèse de M. Bertrand COUPIN pour de plus amples détails sur ce travail.

successivement les fonctions de receveur bobinier, second conducteur et enfin 1^{er} conducteur. En moyenne, il faut 7 ans pour passer de receveur à 1^{er} conducteur.

Un Besoin - la Formation

Avec l'arrivée de nouvelles technologies, en particulier l'électronique et l'informatique, l'industrie graphique a vécu une véritable révolution technologique en l'espace de ces 10 dernières années. Cela a été particulièrement sensible pour tout ce qui concerne le pré-presse, c'est à dire la photocomposition et la photogravure avec l'apport des techniques telles que le scanner ou la PAO. Se pose alors un problème : la formation. Qu'elle soit initiale ou continue, c'est toute la formation qu'il faut repenser en fonction des nouveaux outils dont dispose maintenant la profession. L'avenir immédiat de l'industrie graphique reste subordonné à l'évolution de la qualification des personnels, il s'agit de l'objectif prioritaire de la Fédération Française de l'Industrie Graphique. A moyen terme, il faut donc développer une alternative aux cadres restreints des structures traditionnelles de formation : l'entreprise et l'école.

Les objectifs de formation ont été définis en terme de niveau général des personnes à qui est destiné le simulateur (niveau d'entrée) ainsi qu'en terme de niveau de connaissance que le SIR permet d'atteindre (niveau de sortie). Le Simulateur de rotative est un outil de formation autonome implanté dans les imprimeries, les centres de formation, les écoles d'arts graphiques. Une approche globale du problème a permis de mettre en évidence les principales caractéristiques de cet outil de formation : souple d'utilisation et disposant d'une réelle capacité d'évolution, une solution du type informatique nous permet de répondre à l'intégralité des processus d'apprentissage.

La démarche :

- concilier les attentes d'ordre général du néophyte (principes de base et fonctionnement de la machine) avec celles du professionnel (la qualité de l'impression).
- Mettre au point des méthodes de réglages rapides et efficaces de la machine en fonction de l'état de l'imprimé.

En conclusion de cette approche globale deux nécessités apparaissent ;

- éloigner la formation du support direct de la rotative,
- Conserver l'esprit d'une formation la plus proche possible de la pratique professionnelle.

Le public cible

L'étude de marché avait estimé qu'il y aurait, en 1990, plus de 600 rotatives installées ou en cours d'installation soit une progression de 23 % sur 3 ans. Le parc machine se découpait en 290 rotatives labeur et 310 rotatives de presse. On comptait 210 imprimeries possédant des rotatives, dont 84 pour le labeur et 126 pour la presse. Il existait 12 centres de formation et 50 écoles préparant à divers niveaux aux métiers de l'industrie graphique. Le nombre de rotativistes était évalué à 9.000 personnes. La moyenne d'âge des responsables machine (1^{er} conducteur) était très élevée.

Le public ciblé en priorité, est composé de 4 grands groupes d'apprenants possibles, ayant des connaissances et des motivations différentes.

1^{er} Groupe : Les rotativistes ayant une expérience plus ou moins importante (ils peuvent être débutants mais connaissent le milieu de l'imprimerie).

2^{ème} Groupe : Le deuxième groupe est constitué d'élèves en cours de formation provenant d'écoles spécialisées aux métiers de l'imprimerie ou de l'électromécanique (B.T.S. plus particulièrement).

Ces deux premiers groupes constituent la cible prioritaire, elle est complétée par deux autres groupes potentiels d'apprenants.

3^{ème} Groupe : Constitué par des rotativistes débutants sans formation de base, ni expérience dans le domaine de l'imprimerie ou de l'électromécanique.

4^{ème} Groupe : Le quatrième regroupe l'ensemble du personnel gravitant autour de la rotative, cadres, fabricants, commerciaux..., sans pour autant être en contact direct avec elle. Leur besoin est essentiellement un besoin d'information générale. Il est impossible de caractériser précisément ce groupe.

Les avantages attendus du SIR sont multiples tant sur le plan de la formation interne que financier. Le produit a une vocation internationale tant en Europe qu'aux Etats-Unis où l'on compte 3 000 rotatives offset.

Le concept du produit proposé

Les systèmes simulés assurant la formation ont aujourd'hui fait la preuve de leur efficacité dans divers domaines : aviation, marine, armée. La simulation s'avère nécessaire lorsque les processus ou les machines sont complexes, coûteux (investissement, matières premières et consommables) et surtout lorsqu'une manipulation hasardeuse de l'opérateur entraîne des conséquences dommageables. La rotative entre dans ce cadre (l'acquisition d'une rotative représente un investissement d'environ 20 à 30 MF, son coût de fonctionnement horaire est d'environ 10 à 20 KF).

Le besoin de formation d'un rotativiste ne peut être comparé à celui d'un pilote d'avion. Il n'en demeure pas moins qu'une formation de type E.A.O est adaptée à ce problème. Issu des

derniers développements de l'informatique appliquée à l'industrie, le SIR a contribué à la naissance d'une nouvelle génération de simulateurs : accessibles à tous et d'un coût relativement faible. Ce projet s'inscrit dans le grand pari de l'E.A.O. pour les années 90 et apporte une réponse efficace au problème de la formation professionnelle.

Le simulateur intervient dans les modules de formation aux métiers de second et premier conducteur. Il offre la visualisation des imprimés avec leurs défauts. Cette visualisation est illustrée d'un discours pédagogique. Les actions sur la rotative, en particulier sur le pupitre de commande, sont concrètement visualisées. De plus le simulateur est le support principal de la partie test. Il est utilisé à trois niveaux :

- 1^{er} niveau : L'élève doit réaliser des instructions, résoudre des problèmes ponctuels : le simulateur intervient pour aider, guider l'élève et éventuellement l'orienter vers des modules de formation.
- 2^{ème} niveau : Le rotativiste se trouve dans des conditions de travail réelles. Il doit diagnostiquer des défauts et agir en conséquence. Le simulateur intervient également pour l'aider et le guider.
- 3^{ème} niveau : Dans le module « Formation au métier de premier conducteur », le simulateur est accessible indépendamment des autres parties. Il fonctionne alors en mode non guidé : l'élève subit entièrement les conséquences de ses actes.

Le SIR tel qu'il a été défini est un outil standard de formation, ne privilégiant aucune rotative particulière pouvant s'adapter à n'importe quel apprenant (professionnel, élève...). Le matériel choisi est tout à fait déclinable et de nombreuses applications spécifiques sont envisageables. Ainsi, la première phase du projet nous a permis de mettre au point des méthodes et de développer un savoir-faire particulier. Celui ci nous a permis, lors de la seconde phase, de réaliser le prototype HELIO en parallèle avec le prototype OFFSET. Par la suite, certaines versions du SIR ont été dédiées à des machines spécifiques, ce qui est particulièrement intéressant pour le constructeur qui peut se servir du SIR comme guide d'utilisation sur ses propres machines. La technologie de système expert d'aide au diagnostic que nous avons développée s'adapte très bien sur une machine d'un type précis.

Le simulateur se décompose en 3 parties (c.f. Figure 58 : Schéma SIR, page 133) :

- Le pupitre ou gestion de l'interface entre l'élève et le simulateur sous une forme reproduisant le pupitre d'une rotative et les actions du rotativiste.
- Le module de calcul qui reproduit le fonctionnement d'une rotative. Il calcule l'état de la rotative à un instant donné, en fonction des actions réalisées par l'élève, d'événements arbitraires et de l'état de la rotative à l'instant précédent. Il est basé sur un modèle de calcul de type mathématique et événementiel.
- Le générateur d'image dont l'objectif est de reproduire sur un écran informatique les imprimés avec leurs défauts.

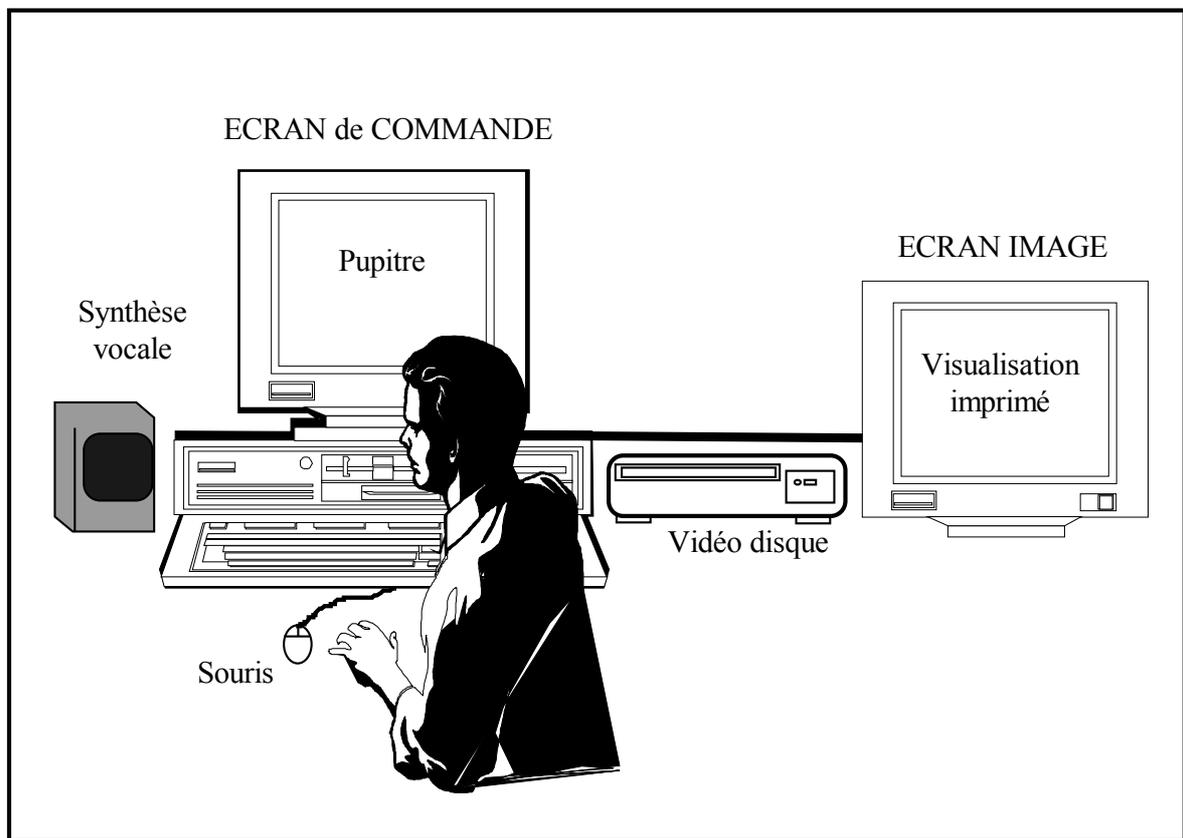


Figure 58 : Schéma SIR
[source : COUPIN (1990)]

En conclusion, toutes ces applications et de nombreuses autres encore peuvent être développées grâce au logiciel de base que nous avons mis au point et qui peut servir de structure à de futurs logiciels répondant à des besoins particuliers.

10.3.2. Une structure originale de circulation de l'information : le Groupement de Recherche

Outre l'aspect technique, la seconde grande originalité de ce projet, c'est le groupement d'intérêt de recherche « G.I.R. » qui a été créé autour de ce projet. En effet, le secteur de l'industrie graphique est avant tout composé de PMI/PME. Aucune société ne pouvait donc supporter à elle seule un projet de cette envergure. D'où l'idée de rassembler le plus largement possible les différentes composantes de l'industrie graphique gravitant autour de la rotative : les utilisateurs (imprimeurs), les fournisseurs de matière première (fabricants d'encre, de papier...), les constructeurs de machine ainsi que les écoles et centres de formations. En juin 1988, l'école Supérieure Estienne et l'ENSAM créaient le « G.I.R. », unique en FRANCE dans le domaine de l'industrie graphique. Le principe est simple :

Chaque société apporte son savoir faire technique et devient directement actionnaire en participant au financement de l'étude. Le G.I.R. a donc eu deux finalités : Recueillir la base de connaissance et apporter un soutien financier à la réalisation du projet. A l'issue de la première phase du projet et devant le succès de la maquette, toutes les entreprises fondatrices du G.I.R. nous ont réitéré leur confiance et accordé, pour la seconde phase, collaboration technique et soutien financier.

10.3.3. Le management du projet SIR

Le projet SIR s'est décomposé en quatre phases.

Phase 1 : Analyse de la faisabilité

Il s'agit d'une étape préliminaire, que l'on peut décomposer en quatre parties.

Identification du besoin : le besoin exprimé par l'école Estienne nous est apparu comme un symptôme (la face émergée de l'iceberg) caractéristique d'un problème de formation à traiter dans sa globalité. En étudiant l'ensemble du secteur, nous avons pu mettre en évidence trois types de besoin de formation (initiale, continue, information) et traduire notre besoin en terme de marché potentiel motivant ainsi le déclenchement d'une étude plus vaste.

Partant d'un besoin ponctuel (celui de l'école Supérieure Estienne) cette étape a donc permis :

- De valider le besoin de formation en attribuant le qualificatif complexe au système de production.
- D'identifier les différents acteurs de cette filière qui constituent le marché potentiel du produit.

Analyse du besoin ; Proposition d'un concept : Une analyse complète du système de production complexe considéré et des activités des conducteurs en phase de production a permis de proposer un concept de S.I.R. (Simulateur interactif de Rotative). Nous avons utilisé pour cela la méthode "Analyse Fonctionnelle" pour reformuler le problème, le caractériser en terme de but à atteindre et définir les fonctions du produit.

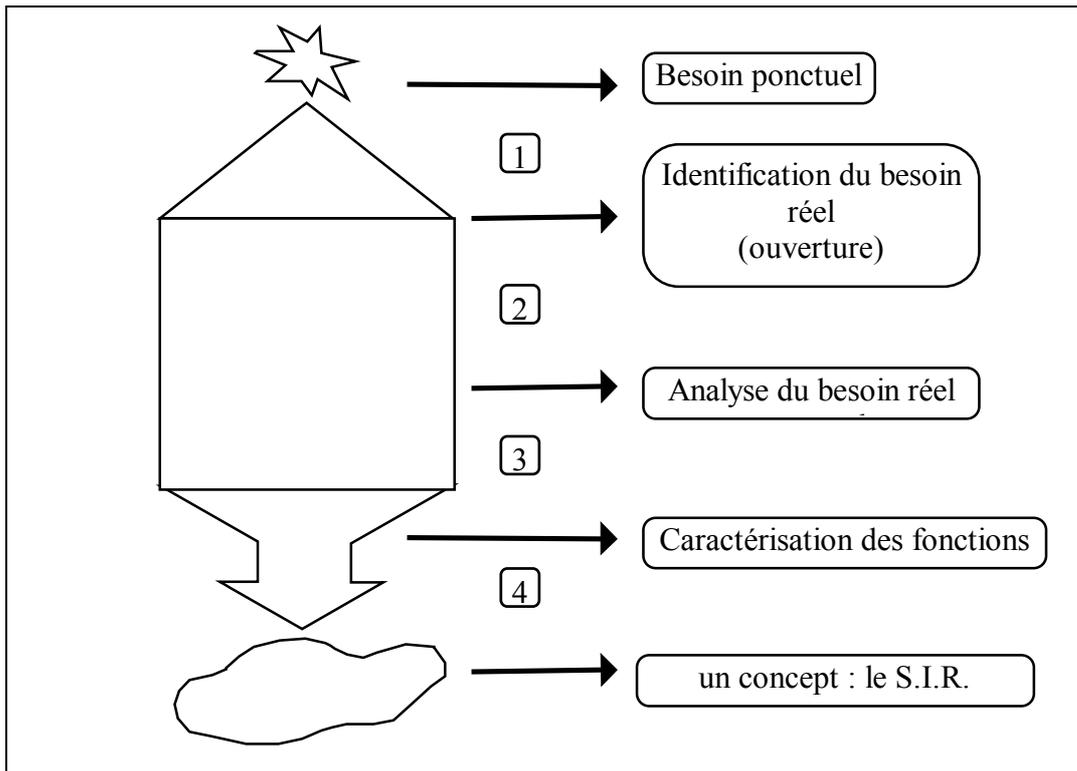


Figure 59 : analyse de faisabilité
[d'après COUPIN (1990)]

Parallèlement à ces travaux d'analyse préliminaire, il a été mis en place la structure de développement en mobilisant les principaux acteurs de la filière identifiée précédemment. Cette étape, absolument décisive a été la plus délicate à franchir.

Phase 2 : Conception du produit et gestion des ressources financières.

Si la fonction d'un système de formation est de transmettre un ensemble de connaissances à un élève, il faut préalablement recueillir cette connaissance, la synthétiser, l'organiser ; C'est pourquoi, la conception du produit a commencé par une première activité de recueil des connaissances (macro-extraction) auprès des experts du G.I.R. En effet, il n'existait pas sur le marché, de manuel de référence regroupant les connaissances jugées essentielles à l'exercice du métier de rotativiste. Les connaissances autour de cette machine, de ce métier, sont diffuses, réparties autour de différents pôles de compétences que sont l'imprimeur, le constructeur de rotative, les fournisseurs de matières premières...

L'objectif de ce système est de rendre cette connaissance explicite et de définir des niveaux de compétences reconnus pour chacun des objectifs de formation définis. Il est donc nécessaire pour cela de s'entourer de nombreux experts recouvrant les différents "univers de compétences" gravitant autour de la rotative.

Un appel à sous-traitance auprès de sociétés informatiques a été lancé simultanément de façon à pouvoir présenter la maquette de faisabilité le plus tôt possible. En effet, le laboratoire C.P.N. n'ayant pas pour vocation de faire du développement informatique, il a été nécessaire de trouver un sous-traitant informatique pour écrire le logiciel. La recherche de ce sous-traitant s'est fait à partir d'un appel d'offre basé sur la structure « Spécification de Besoins » et « Clauses Technique » préconisée par le STEN/QM de la DGA⁵¹. La société qui assurait dans la première phase du projet (phase maquette) le rôle de sous-traitant informatique a souhaité ensuite devenir membre du GIR pour assurer le développement définitif du produit ainsi que sa commercialisation.

Nous retrouvons, dans les deux phases suivantes, l'activité de gestion des ressources financières. Elle s'est attachée à trouver la partie du budget non assurée par les membres fondateurs du G.I.R. Il a été constamment nécessaire de rechercher de nouveaux partenaires industriels. De plus, nous avons monté des dossiers de demande de subvention auprès des organismes de financement nationaux (ANVAR, Chambre de Commerce) mais aussi transnationaux (projets européens DELTA et COMETT).

Phase 3 : Maquettage

La maquette de faisabilité a été réalisée et validée à l'ENSAM. Une seconde phase de recueil a permis d'obtenir les connaissances nécessaires à la réalisation des trois modules Simulateur, Expert et Pédagogique, qui ont été implantés sur le S.I.R.

Phase 4 : Prototypage - qualification

Chacun des aspects du produit a fait l'objet d'une validation auprès des partenaires du G.I.R. Afin d'éviter un temps de développement trop long, il nous a paru indispensable de prévoir plusieurs prototypes intégrant dans l'ordre, les modules :

1. Simulateur.
2. Expert.
3. Pédagogue en réservant l'approche tuteur en final.

Phase 4 : commercialisation

La validation interne effectuée, le produit est passé directement en phase de commercialisation. Une politique d'intégration du produit a été menée au sein de l'ensemble

⁵¹ STEN/QM de la DGA : service Qualité-Méthodes de la Délégation Générale à l'Armement - Paris (France)

de la profession. On totalise, en 1995, environ cent vingt produits vendus, essentiellement aux U.S.A⁵².

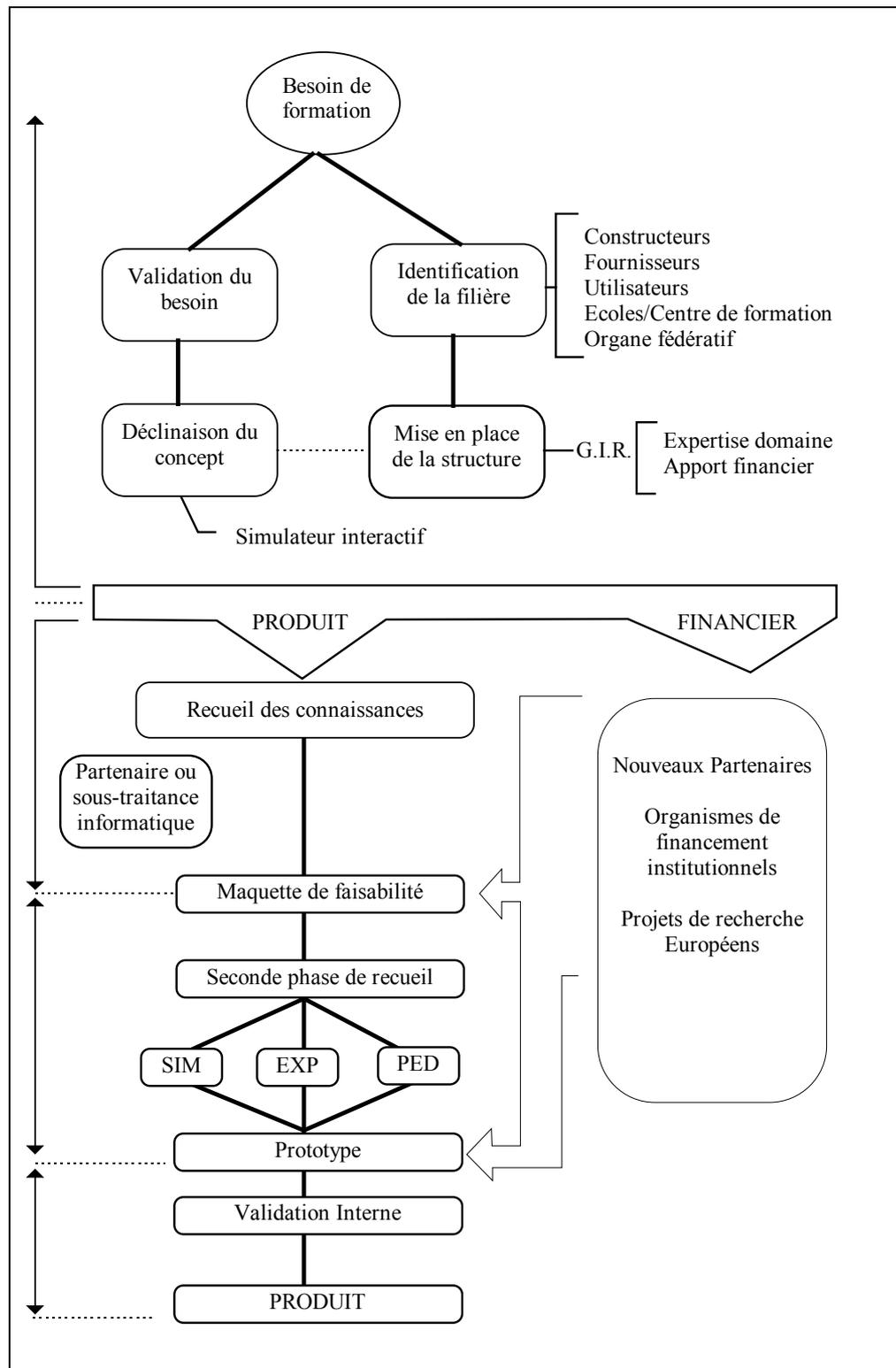


Figure 60 : gestion du projet SIR
[d'après COUPIN (1990)]

⁵² Le prix de vente du S.I.R. est d'environ 250 KF en 1995.

10.3.4. Apport des Méthodes Qualité dans le projet SIR

L'utilisation des principes de management de la qualité ne faisait pas l'objet d'une demande explicite des partenaires du projet. Elles ont été suggérées à l'équipe projet et adoptées par elle car elles apportaient de la rigueur et de la crédibilité au projet. Les techniques qualité utilisées dans le cadre du projet SIR ont été plus particulièrement :

- La méthode ISHIKAWA (c.f. Figure 61 : Diagramme d'ISHIKAWA, page138).
- l'Analyse Fonctionnelle.
- la relation client/fournisseur.

Application de La méthode ISHIKAWA

2 documents ont été réalisés : le Guide des défauts et le Guide du rotativiste

- le guide des défauts : Nous avons, dans un premier temps, recensé tous les défauts visibles sur un imprimé que nous avons classés en utilisant la méthode des diagrammes ISHIKAWA afin de trouver des ensembles de causes probables à chacun de ces défauts. Cette analyse qui s'est révélée très judicieuse en première approche du fait de la somme importante d'informations à manipuler, a du être affinée. Il a été nécessaire, dans un deuxième temps, de compléter et valider le modèle de représentation des connaissances afin d'obtenir une « grille d'analyse » qui a permis de poursuivre de manière optimale les interviews des experts. Cette grille a été pensée en fonction du système expert qui a été retenu pour supporter cette base de connaissance.

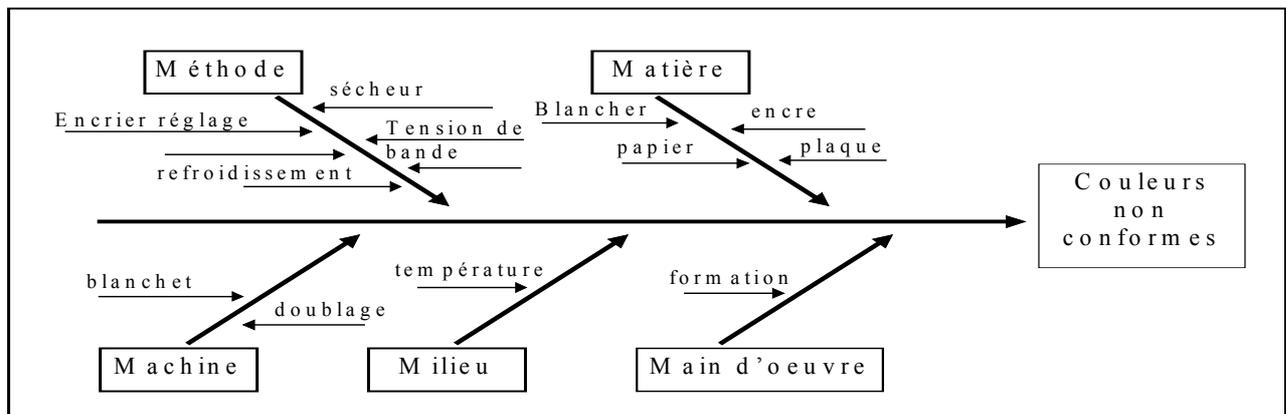


Figure 61 : Diagramme d'ISHIKAWA

- Le guide du rotativiste : Ce document est issu des réunions de travail avec les experts du GIR. Unique en son genre, il contient l'ensemble des connaissances théoriques et pratiques utiles au rotativiste. C'est l'ensemble de ces connaissances que nous transmettons à l'élève, via le SIR, en particulier lors des cours EAO.

Application de l'Analyse Fonctionnelle

Les différentes analyses fonctionnelles ont été réalisées par des groupes de travail constitués d'experts techniques et d'un animateur. L'analyse fonctionnelle du pupitre de commande a été réalisée et validée par le groupe de travail. De même, pour réaliser le modèle de calcul nous avons réalisé l'analyse fonctionnelle du générateur d'inférence. Cette Analyse Fonctionnelle définit :

- les différentes variables caractérisant l'état de la rotative,
- Les relations de dépendance entre variables de visualisation et variables d'état de la rotative,
- Les relations de dépendance entre variables d'état de la rotative et actions sur la rotative, événements arbitraires et variables d'état de la rotative.

En ce qui concerne le générateur d'images, l'analyse fonctionnelle définit :

- les différentes formes de visualisation de l'imprimé par rapport à la maquette, en faisant apparaître de nouvelles fonctionnalités : visualisation d'une fenêtre sur l'imprimé, visualisation de la barre de contrôle, utilisation du densitomètre et du zoom sur la barre de contrôle à partir de l'écran image, utilisation de trames carrées pour le compte fil avec des points plus nombreux et plus petits.
- Les différentes fonctions de visualisation permettant la reproduction de défauts (rendu de couleur, tâches) qui sont représentées par des variables dites de visualisation.

10.3.5. Conclusion sur le projet SIR

Analyse du résultat

Ce projet, qui s'est déroulé sur quatre années, a débouché sur l'édition d'un outil de formation multimédia pour les conducteurs de rotative, unique au monde, au succès commercial indéniable. Ce projet a également une suite : le développement d'un outil similaire pour les rotatives d'héliogravure.

Analyse des risques dans le projet SIR.

De même que pour le projet NMA, les risques projet n'ont jamais été formalisés bien que réels.

- Le premier risque peut être considéré comme étant le fait de prendre comme hypothèse que la formation d'un rotativiste pouvait se faire grâce à un outil informatique de simulation. S'agissant d'un secteur professionnel très traditionaliste, l'adhésion de la profession à un tel concept est restée assez longtemps une interrogation. Cette crainte de rejet a conditionné implicitement le scénario du projet. Elle nous a amené à définir la structure G.I.R. L'intérêt de cette structure était bien sûr, d'ordre financier et technique. Mais son action a été aussi de promouvoir le projet et de donner une garantie à la profession sur le bien fondé

de ce concept. Une partie importante du lancement du projet (une année de travail de DEA) a consisté à élaborer des maquettes. Elles devaient être à la fois, aussi génériques que possible pour ne pas orienter prématurément les solutions, et en même temps attractives pour convaincre qu'il y avait un besoin, un marché et des solutions.

- Le deuxième risque était de choisir d'orienter les solutions, dès le démarrage du projet, vers des applications sur micro-informatique. Ceci n'avait rien d'évident, compte tenu de ce qui était envisagé en terme de complexité des traitements et de quantité de données à manipuler. Il a donc été défini, là aussi de façon implicite, des tâches de veille technologique. Ceci de manière à finalement pouvoir développer le projet en parallèle avec l'évolution des matériels informatiques et à choisir les solutions offrant les performances nécessaires au coût le meilleur.

- Le troisième risque était de faire appel entièrement à la sous-traitance pour développer le logiciel. Il en découle des difficultés supplémentaires de maîtrise du projet, en particulier du point de vue de la circulation des informations. Cela a orienté le projet vers la mise en place de relations client/fournisseur. Ces relations se sont appuyées sur l'utilisation de méthodes de management de programme à base de spécifications de besoin, de cahiers des charges, de clauses techniques, de dossiers de définition et de justification de la définition. Cette structure relativement lourde et totalement nouvelle dans ce secteur professionnel comportait des risques de rejet, de perte de créativité et de prise d'initiative... C'est certainement le dynamisme et la volonté "d'y arriver" des principaux animateurs du projet qui ont transformé ce qui aurait pu être une lourdeur de gestion de projet en une dynamique. Cette dynamique était basée à la fois sur la confiance, la rigueur et la créativité.

Ces trois risques qui ressortent maintenant comme ayant été des risques majeurs pour la réussite du projet étaient identifiables dès le début du projet. De fait, ils ont été implicitement pris en compte pour élaborer le scénario du projet. Ceci sans pourtant que cet aspect de la gestion du projet ne fasse l'objet d'une analyse spécifique, et de recherche de solutions alternatives de définition de scénario. De plus, l'expérience acquise sur la gestion de ce projet, en particulier sur les risques, s'est dispersée avec les acteurs. Il reste une compétence importante pour la suite du projet Héliogravure. Mais il est permis de penser qu'un travail d'analyse a priori sur les risques projet aurait amené l'équipe projet à définir l'essentiel des risques critiques sur un tel projet. Ceci aurait eu pour avantage d'avoir certainement une réactivité encore plus grande dans les choix techniques pour développer le logiciel. Ainsi la

nouvelle équipe du SIR Héliogravure pourrait bénéficier de façon formalisée, de l'expérience acquise par ses prédécesseurs.

11. CONCLUSION.

Les projets auxquels nous avons participé nous ont permis de mettre en évidence que la conception d'un produit innovant est un processus complexe et incertain. C'est une conjonction d'activités mettant en oeuvre des ressources diverses (homme, matériels, informations,...) et dispersées. Ce processus a pour objectif de définir un produit de Qualité, c'est à dire, ayant un ensemble de propriétés et de caractéristiques aptes à satisfaire les besoins explicites ou implicites, des utilisateurs. Il nécessite la mise en place d'un mode de management ouvert aux incertitudes, aux imprévus, permettant de produire des idées nouvelles et se donnant les moyens de les transformer en succès. Celui ci se mesure à la fin du processus de développement industriel : lors de l'utilisation, lorsque l'utilisateur final est satisfait du service rendu par le produit.

L'expérimentation que nous avons menée de démarches qualité associées à des techniques de gestion de projet nous a permis de définir une modélisation du processus de Conception de Produits Nouveaux et nous a montré l'importance de l'information et de la communication pour le management des risques projet.

11.1. Définition d'un modèle de processus de Conception de Produits Nouveaux

Nous avons pu déterminer dans nos exemples que la Conception d'un Produit Nouveau passait par des étapes de définition de plus en plus précise des besoins, puis à la définition de plus en plus précise des solutions.

A l'origine, nous pouvons considérer qu'il existe des *besoins latents*, non-satisfaits. La première étape du processus consiste à *percevoir* et à révéler ce besoin, qui n'est jamais (selon notre expérience) directement exprimé par l'utilisateur en terme de besoin de fonctionnalités nouvelles à satisfaire par un produit nouveau. Au mieux, l'utilisateur potentiel exprimera des besoins en termes faisant référence à des solutions qu'il connaît déjà. La deuxième étape consistera donc à *exprimer le besoin*, de manière formelle et exploitable par les concepteurs, à partir de cette perception du besoin. Ce besoin étant exprimé en terme de services à rendre, il est ensuite nécessaire de *spécifier le besoin* en quantifiant précisément les performances du produit : performances initiales et performances dans le temps, en conditions opérationnelles (sûreté de fonctionnement : disponibilité, sécurité, fiabilité, maintenabilité). Dès lors, le

problème étant posé, il est possible de trouver et de *définir la solution*. Afin de s'assurer que cette solution est apte à satisfaire le besoin, et est reproductible industriellement, on procède à des tests, dans des conditions les plus représentatives possibles, de la solution retenue. C'est l'objet de la *qualification de la solution définie*. La définition du produit étant qualifiée, il passe en phase d'industrialisation qui assure la reproduction industrielle du produit.

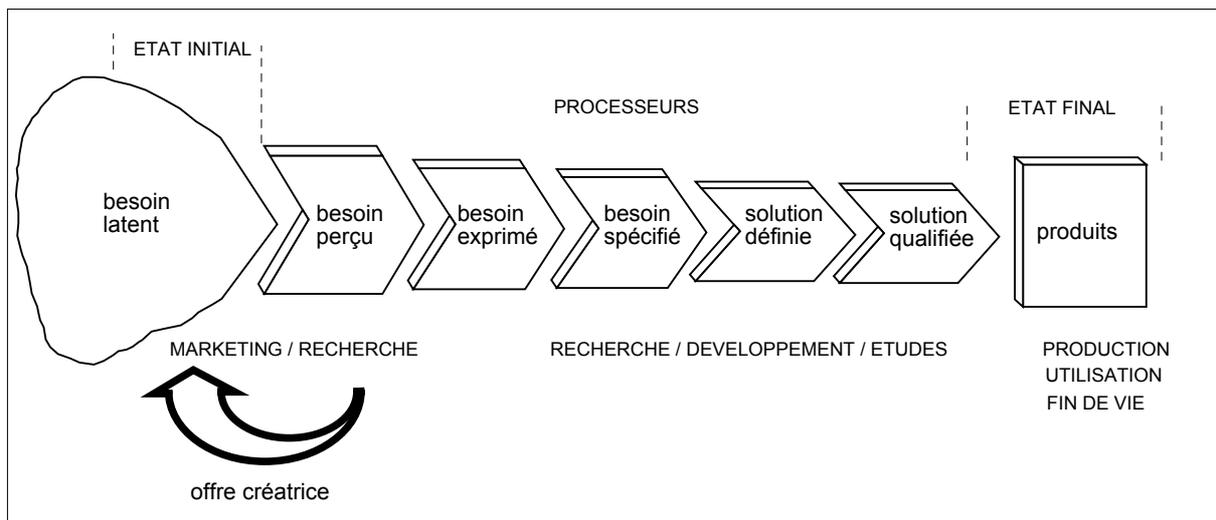


Figure 62 : modèle de processus de Conception de Produits Nouveaux

11.2. La prise en compte implicite des risques projet comme facteur caché de définition de scénarios

Nous avons vu dans l'analyse des deux projets que nous avons retenus pour l'exposé de nos travaux qu'il est possible d'expliquer la définition des scénarios par la prise en compte implicite de facteurs de risques. Il s'agit même très souvent de facteurs prépondérants. Les dérives de délais et de coûts ont été régulièrement analysées. Les tableaux de bord ont été mis à jour et les conséquences des dérives ont été programmées. Les risques de ne pas aboutir à une conclusion satisfaisante du projet, en terme de coûts et de délais, ont donc été gérés. D'autre part, la conception des produits a mis en oeuvre des règles de rebouclage des actions par la vérification de l'adéquation entre les résultats et les objectifs. Les performances de la solution retenue ont été testées après avoir été élaborées par l'usage de diverses techniques de conception. Ceci a permis, par corrections successives, de concevoir des produits finalement satisfaisants.

Les dysfonctionnements d'un projet et ses conséquences en terme de coûts et de délais sont relativement faciles à identifier. Le contrôle de la conception de produit et les

dysfonctionnements prévisibles de ce produit mettent en oeuvre des techniques connues. Par contre, si l'on considère, comme nous le proposons, que la Conception de Produits Nouveaux consiste en grande partie, à manipuler de l'information, les dysfonctionnements de ce processus sont beaucoup moins faciles à identifier. Cela nécessite de réfléchir à la nature des informations dont on a besoin, à la manière de les acquérir, de les traiter, de les diffuser, et leur manière d'agir sur la définition du produit, et donc sa qualité. Or cette capacité d'acquérir, traiter et diffuser des informations, est liée à la manière de construire le projet. Nous avons donc acquis la conviction, par cette pratique de management de projet, qu'une manière d'avoir une vision préventive sur les risques de ne pas satisfaire des objectifs de qualité du produit, était d'analyser les dysfonctionnements possibles du projet. Ceci du point de vue de sa capacité à mettre en oeuvre des fonctions d'acquisition, de traitement et de diffusion des informations contribuant à la définition du produit.

11.3. Nécessité de fiabiliser le processus de management de l'information en Conception de Produits Nouveaux

Les Projets que nous avons dirigés nous ont amenés à valider la définition de deux types de fonctions du processus de conception de produits nouveaux :

- Une fonction de gestion de projet liée à la gestion des ressources :
 - Gestion des coûts du projet.
 - Gestion des délais.
 - Gestion des moyens (hommes et machines).

- Une fonction de management des informations permettant de concevoir le Produit.

Nos travaux nous ont amené à faire le constat que les méthodes de gestion de projet sont nombreuses, efficaces, mais pas suffisantes pour assurer la fiabilité du processus de Conception de Produits Nouveaux :

- La gestion des moyens (hommes et machines) ainsi que la gestion des risques de dérive des coûts et des délais sont nécessaires mais ne suffisent pas à garantir que le projet permettra de développer un produit de qualité.
- Les techniques de sûreté de fonctionnement s'appliquent à la conception du produit comme outil de contrôle de cette conception : elles ne s'intéressent pas à la manière selon laquelle le projet a été élaboré.
- Le projet doit être apte à fournir, au bon moment, aux bons destinataires, les informations dont ils ont besoin. Pour garantir cette aptitude, il est nécessaire de mettre en oeuvre une démarche d'analyse préventive, au niveau de la conception du projet, puis corrective en cours de déroulement du projet.

La recherche d'une telle méthode de fiabilisation du processus de Conception de Produits Nouveaux, sous l'angle de l'analyse des défaillances du processus de traitement de l'information, fait l'objet de la troisième partie de ce travail.

3 ème PARTIE :

PROPOSITION D'UNE METHODE DE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET

SYNTHESE ET CONCLUSION

"Même un voyage de mille kilomètres commence par un pas" (proverbe japonais).

3 ème PARTIE :

PROPOSITION D'UNE METHODE DE MANAGEMENT DES RISQUES PROJET

SYNTHESE ET CONCLUSION

Nous avons montré, dans les deux premières parties de ce document, qu'un chef de projet dispose de nombreux outils et méthodes Qualité et de gestion de projet pour mener à bien la conception d'un produit nouveau.

Nous avons montré également, la difficulté que présente pour un chef de projet, l'évaluation d'un scénario de projet, ceci en distinguant trois niveaux d'objectifs :

- Les objectifs de coûts,
- Les objectifs de délais,
- Les objectifs de performances

L'analyse du respect des objectifs de coûts et de délais s'effectuent classiquement par des techniques de contrôle de gestion des ressources. Le non-respect des performances techniques peut être analysé selon deux aspects que nous avons identifiés dans notre modélisation et analyse fonctionnelle du processus de conception de produits nouveaux, de façon théorique et par expérimentation :

1. La qualité des informations (hors coût et délais) permettant de poser les problèmes à chaque étape du processus de conception du produit : elle dépendra des défaillances du système de traitement des informations permettant la définition du produit.
2. La non-pertinence des solutions mises en oeuvre pour répondre aux problèmes posés, et définir le produit. Ce dernier aspect fait l'objet de nombreuses études, en particulier dans le cadre de ce que l'on appelle « la sûreté de fonctionnement des systèmes industriels »(SDF).

Nos expérimentations de management de projet nous ont amené à faire le constat que l'application des concepts de la qualité associés aux outils de gestion de projet présentait un intérêt indéniable. D'autre part, les méthodes de management des risques projet que nous avons pu identifier dans notre 1ère partie ont l'intérêt d'exister mais aucune ne traite spécifiquement du problème du management de l'information. Or, tous nos travaux de recherches nous ont convaincu que le management de l'information avait une place centrale

dans le management des risques projet. De plus, sans remettre en cause leur efficacité, il apparaît au travers de notre pratique de management de projets industriels qu'elles sont peu connues et peu appliquées : le facteur "chance" reste encore très important. Il ne s'agit pas d'imaginer un moyen miracle qui permettrait de supprimer tout risque. Il s'agit d'aider les chefs de projets en leur proposant une méthode permettant de fiabiliser le traitement des informations concourant à la définition du produit.

Nous proposons donc, dans cette troisième partie, de faire un rapide état de l'art en matière de management des risques en explorant le domaine de la « Sûreté de Fonctionnement ». Ceci nous permet d'identifier les méthodes et les outils qui, par transposition et adaptation, font l'objet de propositions d'utilisation pour analyser les défaillances du système de traitement des informations. Ceci dans le but de fiabiliser le processus de conception de produits nouveaux.

Nous faisons ensuite une proposition d'une méthode globale de prévention des risques, ainsi qu'une proposition d'outils spécifiques. Nous appliquons cette méthode à des cas de projets industriels. Nous analysons les avantages, limites et perspectives d'une telle démarche et des outils associés. Nous concluons sur les perspectives de recherches qu'ouvrent ces travaux.

12. ETUDE DES METHODES DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES INDUSTRIELS (SDF)

Le souci de la fiabilité et de la sécurité existe probablement depuis toujours chez l'homme, mais ces disciplines sont récentes en tant que sciences de l'ingénieur. Selon VILLEMEUR (1988)⁵³, elles sont issues d'un besoin de mieux connaître, évaluer, prévoir, mesurer et maîtriser les défaillances de systèmes industriels devenus de plus en plus complexes. Elles remettent en cause l'utilisation exclusive de l'expérience acquise traduite en règles de l'art et de normes. Elles lancent le défi de la prévision et de la prévention des risques à partir de la modélisation des systèmes du passé et du futur. De ce fait, les techniques de sûreté de fonctionnement nous apparaissent intéressantes à transposer pour répondre à notre besoin. De manière à comprendre l'esprit de ces techniques et leurs modalités d'application, nous allons, dans ce chapitre, en tracer un rapide historique, puis en exposer les concepts et la démarche générale d'application.

12.1. SDF : Historique

C'est essentiellement après la deuxième guerre mondiale que sont nés les premiers concepts modernes de la fiabilité, dans le cadre de programmes militaires. Des travaux ont été menés au niveau de la prévision en conception et de la mesure basée sur la notion de probabilité.

Puis les développements des technologies nouvelles mises en oeuvre dans le domaine de l'électronique, du nucléaire, de l'aéronautique et du spatial, ainsi que les risques et un certain nombre de catastrophes majeures associées à ces technologies ont suscité de nombreuses recherches et permis de développer considérablement ces disciplines [LAGADEC (1981)]⁵⁴. Ainsi sont apparus en complément de la fiabilité et de la sécurité, les concepts de disponibilité et de maintenabilité.

En France, le champ d'application de ces méthodes s'est très largement étendu depuis 1980, aux produits de grande consommation ainsi qu'aux domaines particulièrement complexes du logiciel et des facteurs humains. L'informatisation de ces méthodes permet de traiter des quantités d'événements de plus en plus considérables, tout en les mettant de plus en plus aisément à la portée d'un grand nombre d'ingénieurs. Cela leur permet ainsi d'améliorer sans cesse la qualité des produits tout au long de leur cycle de vie : conception, fabrication, utilisation et fin de vie.

12.2. SDF : Concepts

La Sûreté de Fonctionnement est la Science des Défaillances. Elle recouvre les concepts de fiabilité, disponibilité, maintenabilité, et de sécurité [AFNOR, (1988)]⁵⁵. Selon LAPRIE (1985)⁵⁶, elle caractérise la qualité du service délivré par un système, qualité telle que ses utilisateurs puissent lui accorder une confiance justifiée. HOURTOL (1987)⁵⁷ précise que « *Le service délivré par un système est son comportement tel qu'il est perçu par un ou plusieurs autres systèmes particuliers interagissant avec lui : ses utilisateurs, physiques ou*

⁵³ VILLEMEUR Alain, Sûreté de Fonctionnement des systèmes industriels, Fiabilité - Facteurs humains - Informatisation, Eyrolles, Paris, 1988.

⁵⁴ LAGADEC P., Le risque technologique majeur, Pergamon Press, Paris, 1981.

⁵⁵ AFNOR, Norme NFX 50-120 - ISO 8402, AFNOR, Paris, 1988.

⁵⁶ LAPRIE J.C., Sûreté de Fonctionnement des systèmes informatiques et tolérance aux fautes : concepts de base, Technique et Science Informatiques, Vol. 4, N° 5, Sept.-Oct., 1985, pp 419-429.

⁵⁷ HOURTOLLE C., Conception de logiciels sûrs de fonctionnement, Analyse de la sécurité des logiciels mécanismes de décision pour la programmation en N-Versions, Thèse de doctorat, LAAS/CNRS, Toulouse, 1987.

humains ». Lorsque ce service dévie par rapport à celui qui était spécifié et attendu, il y a alors défaillance.

La CEI⁵⁸ définit la fiabilité comme étant l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant une durée donnée. La fiabilité est généralement mesurée par la probabilité : $R(t) = P [E \text{ non défaillante sur } [0, t]]$; (E : entité considérée, [0, t] intervalle de temps donné).

La disponibilité est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise, dans des conditions données, et à un instant donné. La disponibilité est généralement mesurée par la probabilité : $A(t) = P [E \text{ non défaillante à l'instant } t]$

La maintenabilité est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits. $M(t) = P [E \text{ est réparée sur } [0, t]]$

La sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

12.3. SDF : Démarches

Pour obtenir des produits de qualité, fiables sur une durée déterminée, il faut s'occuper de la fiabilité à tout moment de la vie du produit : de sa gestation en bureau d'études jusqu'à son utilisation en passant par les phases de production. Pour boucler le tout, il faut également envisager la fiabilité des méthodes assurant la qualité du produit.

a) Analyse du besoin / Préconception / Analyse de faisabilité :

Utilisation de l'Analyse fonctionnelle : pour obtenir un produit fiable, ce souci de fiabilité doit intervenir dès les premières études. Avant d'entreprendre la conception d'un produit, on détermine toutes ses fonctions et les critères de sûreté et de fiabilité auxquels il doit répondre. L'analyse fonctionnelle confronte dès ce stade préliminaire toutes les fonctions, performances, contraintes et caractéristiques que le produit devra satisfaire.

b) Conception :

Au stade de la conception, on effectue une analyse prévisionnelle de risque. Elle permet de prévoir à quels problèmes on peut être confronté dans la phase d'utilisation ou de production du produit, et de trouver dès lors des solutions assurant une sécurité et la fiabilité optimale. Les principales méthodes employées dans ce cadre sont l'Analyse Préliminaire de Risque (A.P.R.), la méthode HAZOP (HAZard OPERability study) surtout utilisée dans le domaine chimique, et l'A.M.D.E.C. (Analyse des Modes de Défaillance et de leur Criticité) qui sert principalement au niveau des composants (ces méthodes sont présentées dans le chapitre suivant). La sûreté de fonctionnement intègre

⁵⁸ Commission Electronique Internationale

également l'étude de la disponibilité et de la maintenabilité du produit dans sa phase d'utilisation. Elle utilise des théories statistiques et probabilistes qui permettent la prévision des défaillances et les corrections à apporter au projet pour rendre le produit plus « sûr ».

c) Qualification :

Elle comprend la programmation et l'exploitation des essais. Au stade de la qualification d'un produit, on réalise des essais qui valident les étapes précédentes ou permettent d'améliorer sa qualité. Les essais étant souvent coûteux, il est nécessaire d'utiliser une méthode les planifiant de façon rationnelle. Par exemple, les plans d'expériences. La méthode TAGUCHI est une formalisation simple des plans d'expériences qui permet d'optimiser le nombre d'essais réalisés pour aboutir à la qualification du produit. Ces essais mettent en oeuvre également des techniques de Conduite d'expertise en vue de déterminer les causes de la détérioration du produit. L'analyse de ces causes permet d'envisager par la suite (phase de production) des actions correctives empêchant la réapparition des détériorations. L'expertise est un outil d'amélioration de la fiabilité, nécessaire pour la qualification d'un produit.

d) Production

Pour assurer la stabilité de la fabrication des produits, on met en oeuvre des outils statistiques qui permettent de prévenir les phénomènes de dérive en maîtrisant les procédés de fabrication. C'est l'objet de la MSP (Maîtrise Statistique des Procédés). Cette méthode assure la fiabilité du produit en assurant la fiabilité des procédés. D'autre part, la méthode du «Juste à temps», en permettant de gérer en temps réel la production, assure la fiabilité du service au client. Elle participe à la qualité du produit, car les temps de réaction sont minimisés et la flexibilité très importante.

12.4. Les méthodes pour la maîtrise des risques et l'analyse des défaillances

Une étape fondamentale de l'analyse de risque est la mise en évidence des différents risques associés au système concerné. Lorsqu'il s'agit d'un système nouveau ou mal connu, on est amené à mettre en oeuvre une ou plusieurs des méthodes développées dans ce but. La méthode la plus couramment utilisée pour l'identification des risques, au stade préliminaire et à un niveau global, porte, fort à propos, le nom d'Analyse Préliminaire des Risques (A.P.R.) : elle est d'usage très général et principalement orientée vers la sécurité. Dans le domaine chimique, la méthode HAZOP (HAZard and OPerability study) est très appréciée car elle permet d'appréhender l'influence des déviations des paramètres de fonctionnement. La méthode A.M.D.E.C. (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets sur le système et de leur Criticité) appliquée aux fonctions ou aux composants est plus détaillée que les précédentes et est généralement mise en oeuvre à leur suite.

Ces méthodes ont de nombreuses caractéristiques communes :

- Elles sont conduites à partir de fiches dont les diverses colonnes sont à remplir par l'analyste seul ou en groupe.
- Elles procèdent d'une démarche inductive, c'est-à-dire que, partant d'une « cause » quelconque, elles cherchent à mettre en évidence les « effets » sur le système étudié.
- Elles s'appuient sur une décomposition du système en sous-systèmes, fonctions, composants, à partir de laquelle les éléments dangereux, les déviations dangereuses, les défaillances dangereuses sont identifiées afin d'en déterminer les conséquences sur le système lui-même et/ou les systèmes adjacents.
- Elles cherchent à s'assurer que pour chaque risque potentiel mis en évidence, les moyens de détection appropriés sont en place.
- Elles ne se préoccupent que d'événements simples, (elles n'appréhendent pas les combinaisons d'événements multiples susceptibles de conduire à un risque potentiel).

Nous allons décrire, dans ce chapitre, les principales méthodes utilisées en SDF⁵⁹.

12.4.1. L'Analyse Préliminaire de Risque (A.P.R.)

Le but consiste à identifier les divers éléments dangereux présents dans le système étudié. Puis à regarder pour chacun d'eux comment ils pourraient dégénérer en un incident ou un accident plus ou moins grave suite à un événement causant une situation potentiellement dangereuse. Pour identifier les éléments dangereux et les situations dangereuses susceptibles d'en découler, l'analyste est aidé par des listes de contrôles ou check-lists d'éléments et de situations dangereux. Ces check-lists sont adaptées au domaine concerné. Comme son nom l'indique, cette méthode n'est pas destinée à entrer dans les détails, mais plutôt à mettre rapidement en évidence les gros problèmes susceptibles d'être rencontrés sur le système étudié.

12.4.2. HAZOP

HAZOP, parfois traduit par « étude sur schéma de circulation des fluides », est utilisé essentiellement dans l'industrie chimique pour évaluer le danger potentiel résultant du mauvais fonctionnement, ou de l'utilisation incorrecte de certains composants, et les effets sur le système.

Application de HAZOP :

- Collecte de l'information nécessaire pour l'analyse du système étudié.
- Constitution de l'équipe pluridisciplinaire apportant la connaissance technique du système.
- Organisation des sessions de travail ; lors des sessions de travail l'animateur applique chacun des mots guides à chacun des paramètres physiques considérés, à chacune des

⁵⁹ l'analyse développée dans ce chapitre s'inspire largement de : HOURTOLLE (1987) de VILLEMEUR (1988) et de LANNOY ()

parties du système pour identifier les déviations possibles de ces paramètres pouvant conduire à des conséquences considérées comme dangereuses.

- Conclusion de l'étude. Ces déviations potentiellement dangereuses sont ensuite hiérarchisées pour action future.

12.4.3. L'A.M.D.E.C.

A. Objectif

L'Analyse des Modes de défaillance, de leurs Effets et de leur criticité est une méthode inductive⁶⁰ d'analyse de la fiabilité d'un système [CEI(1985), LIEVENS (1976), VILLEMEUR (1988)]⁶¹. A partir de la défaillance (ou de la combinaison de défaillances) d'un composant et de la structure fonctionnelle du système, on étudie le lien entre cette défaillance et ses conséquences sur le service rendu par le système.

L'A.M.D.E.C., comme les méthodes précédentes, a pour objectifs :

- D'identifier les modes de défaillance du système.
- Pour chaque mode, de recenser toutes les causes.
- Ainsi que les effets sur la mission du système.

Cette étude est complétée par une liste de recommandations et moyens de détection afin de limiter l'effet de la défaillance (protection) ou de diminuer sa probabilité d'occurrence (prévention). Une A.M.D.E.C. peut être conduite dès l'arbre fonctionnel du système connu, et également plus tard, lorsque le système existe en terme de solutions.

B. Démarche

- Recherche des modes de défaillance : La notion de mode de défaillance est définie comme étant le symptôme qui révèle la défaillance. A partir des fonctions remplies par le système (et sous-fonctions), on se demande ce qui se passe si :
 - * la fonction ne se réalise pas (au moment désiré),
 - * la fonction ne se réalise plus,
 - * la fonction est dégradée (réalisation avec des performances différentes de celles prévues),
 - * la fonction se réalise de façon intempestive.

⁶⁰ Dans une méthode inductive, on raisonne du plus particulier au général. Dans une méthode déductive, c'est l'inverse.

⁶¹ Commission Electronique Internationale, Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédure d'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE), CEI, Publication 812, 1985

LIEVENS C., Sécurité des systèmes, Cepadues, collection Sup'Aéro, Paris, 1976.

VILLEMEUR A., Sûreté de Fonctionnement des systèmes industriels, Fiabilité - Facteurs humains - Informatisation, Eyrolles, Paris, 1988.

On peut également établir les modes de défaillance à l'aide de « macrocauses » connues et répertoriées dans une liste (ex : blocage, rupture, obturation, fuite, explosion,...).

- Recherche des causes : pour chaque mode de défaillance, on recense toutes les causes possibles, liées :
 - * au matériel et à ses caractéristiques (on est déjà en phase de développement),
 - * à des contraintes externes,
 - * à des phénomènes parasites.

- Recherche des effets : résultat du mode de défaillance. Ceux-ci sont classés en deux types : effets sur les fonctions supérieures du système et effets sur le milieu extérieur (systèmes externes) pour faciliter l'utilisation éventuelle de la méthode des arbres de défaillances (cf page : 154).

- Evaluation des modes de défaillance : les modes de défaillance sont évalués par une grandeur appelée Criticité « C ». La criticité d'un mode est définie par deux paramètres au minimum : la gravité de l'effet et la probabilité d'occurrence de la cause. Il est possible de tenir compte en plus : de la confiance que l'on a dans le scénario décrit et/ou de la probabilité de non-détection de la cause. Tous ces paramètres sont quantifiés à l'aide d'une échelle de valeur (comprenant trois à quatre niveaux, par exemple). La combinaison de ces paramètres permet de hiérarchiser les modes de défaillance et de définir les priorités pour les actions correctives, de protection ou de prévention.

L'A.M.D.E.C. est toujours menée par un groupe de travail constitué de spécialistes. La difficulté est de lister tous les modes de défaillance, sans oublier les plus inattendus ou les plus rares. Le fait de devoir remettre en cause sa propre conception est également un obstacle majeur à la bonne réalisation de cette analyse.

Il existe plusieurs types d'A.M.D.E.C. :

- * l'A.M.D.E.C. /produit est celle qui est décrite ci-dessus ; elle s'applique à un produit nouveau, déjà défini par des fonctions et des solutions ;
- * l'A.M.D.E.C. /procédé : menée de la même façon que précédemment, elle est appliquée à un procédé ;
- * l'A.M.D.E.C./procédé-produit : le procédé est décomposé en opérations de fabrication et l'analyse consiste à voir comment chaque opération influence les fonctions du produit.

C. Avantages de l'A.M.D.E.C.

L'utilisation de l'A.M.D.E.C. dans des domaines industriels très divers (Aéronautique, Aérospatial, Chimie, Nucléaire, Automobile,...) montre l'intérêt de cette démarche dans l'analyse détaillée de la fiabilité et de la sécurité des systèmes. Les tableaux générés lors d'une A.M.D.E.C. présentent de façon claire, détaillée et avec un grand souci d'exhaustivité,

l'ensemble des conséquences d'une défaillance d'un composant d'un niveau donné sur les niveaux supérieurs.

L'utilisation de l'A.M.D.E.C. peut se faire très en amont de la conception d'un système, ainsi qu'en phase de validation et de test du système.

D. Limites de l'A.M.D.E.C.

Pour des systèmes redondants, conçus de manière telle qu'aucune défaillance unique d'un composant ne puisse entraîner l'échec de la mission du système, l'A.M.D.E.C. est insuffisante car elle ne permet pas seule de traiter le cas des défaillances multiples⁶². Son efficacité dépend de la possibilité de déterminer tous les modes de défaillance possibles d'un système. Ceci est particulièrement difficile, voire irréaliste, dans le cas de systèmes complexes, notamment dans l'approche fonctionnelle. Le volume d'informations requis pour l'analyse est très vite important ce qui rend la mise en oeuvre de cette démarche malaisée, sujette à erreurs et omissions.

Elle est en général suivie de la mise en oeuvre d'autres méthodes telles que :

- La méthode des arbres de défaillances,
- la méthode des combinaisons de pannes.

L'utilisation d'outils informatiques apporte souvent une aide précieuse pour la réalisation et la gestion des A.M.D.E.C..

12.4.4. L'Analyse par Arbre de Défaillances

A. Objectif

L'Analyse par Arbre de Défaillances (également appelée Arbre des Causes) [LIEVENS (1976), VILLEMEUR (1988)] est une analyse déductive : partant d'un événement indésirable unique et bien défini, il s'agit de rechercher les combinaisons possibles d'événements qui conduisent à la réalisation de cet événement indésirable.

B. Démarche

L'Analyse de la fiabilité d'un système peut être faite au moyen de la méthode des arbres de défaillances en quatre étapes principales :

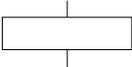
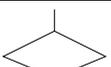
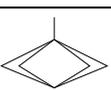
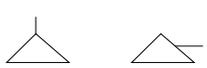
- Examen du système et définition des événements indésirables dont il peut être le foyer.

⁶² L'A.M.D.E.C. permet de s'assurer du respect de ce critère de conception (critère de simple défaillance)

Cette recherche des événements indésirables peut être effectuée à l'aide d'une Analyse Préliminaire des Risques ou d'une AMDE.

- Modélisation du système, recherche et description des événements qui peuvent intervenir au cours de sa vie. Il est nécessaire à cette étape de fixer les limites de l'analyse des causes des défaillances. Ceci peut se faire par une représentation simplifiée du système, des liens entre ses organes et de ses échanges avec l'extérieur.
- Etablissement des arbres de défaillances : On considère un événement indésirable, défini au préalable. On définit les événements intermédiaires qui paraissent engendrer cet événement final. Puis on représente graphiquement les combinaisons qui lient les événements intermédiaires à l'événement final en utilisant une symbolique et des opérateurs logiques du type de ceux représentés dans le tableau page 155. Chacun des événements indésirables est ainsi analysé jusqu'à ce que leurs causes puissent être expliquées par des combinaisons des événements de base. Ces causes peuvent être internes au système mais aussi externes.
- Appréciation de la fiabilité du système : quantification.

La méthode d'Analyse par Arbre de Défaillances peut être appliquée à l'évaluation de la sécurité ou de la fiabilité d'un système lorsqu'il n'est pas possible de la mesurer statistiquement. Si la probabilité des événements de base est connue, la probabilité des « événements indésirables » peut être calculée. On en déduit la fiabilité du système complet. Sinon, des indications sur les voies à suivre pour l'amélioration de la fiabilité du système peuvent être obtenues à partir de la recherche des « coupes minimales ». Une coupe est un ensemble d'événements qui, s'ils se produisent ensemble, entraîne l'événement indésirable. Une coupe minimale est une coupe qui n'en contient aucune autre.

	Rectangle	Représente un événement qui résulte de la combinaison événements plus élémentaires agissant à travers des portes logiques
	Cercle	Représente un événement élémentaire
	Losange	Représente un événement qui ne peut être considéré comme élémentaire, mais dont les causes ne seront pas développées
	Double losange	Représente un événement dont les causes ne sont pas encore développées, mais le seront ultérieurement
	Triangle	La partie de l'arbre qui suit le symbole  est transférée à l'endroit indiqué par le symbole 
	Triangle inversé	La partie de l'arbre qui suit le symbole  est transférée à l'endroit indiqué par le symbole 

	Maison	Représente un événement qui correspond à une utilisation normale du système
---	--------	---

Figure 63 : Arbre de défaillance - Tableau des représentations des événements.

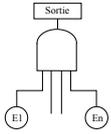
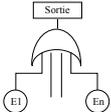
	Porte ET	L'événement de sortie de la porte ET est généré si et seulement si toutes les entrées sont présentes
	Porte OU	L'événement de sortie de la porte OU est généré si une ou plusieurs entrées sont présentes

Figure 64 : Arbre de défaillance - Portes logiques fondamentales

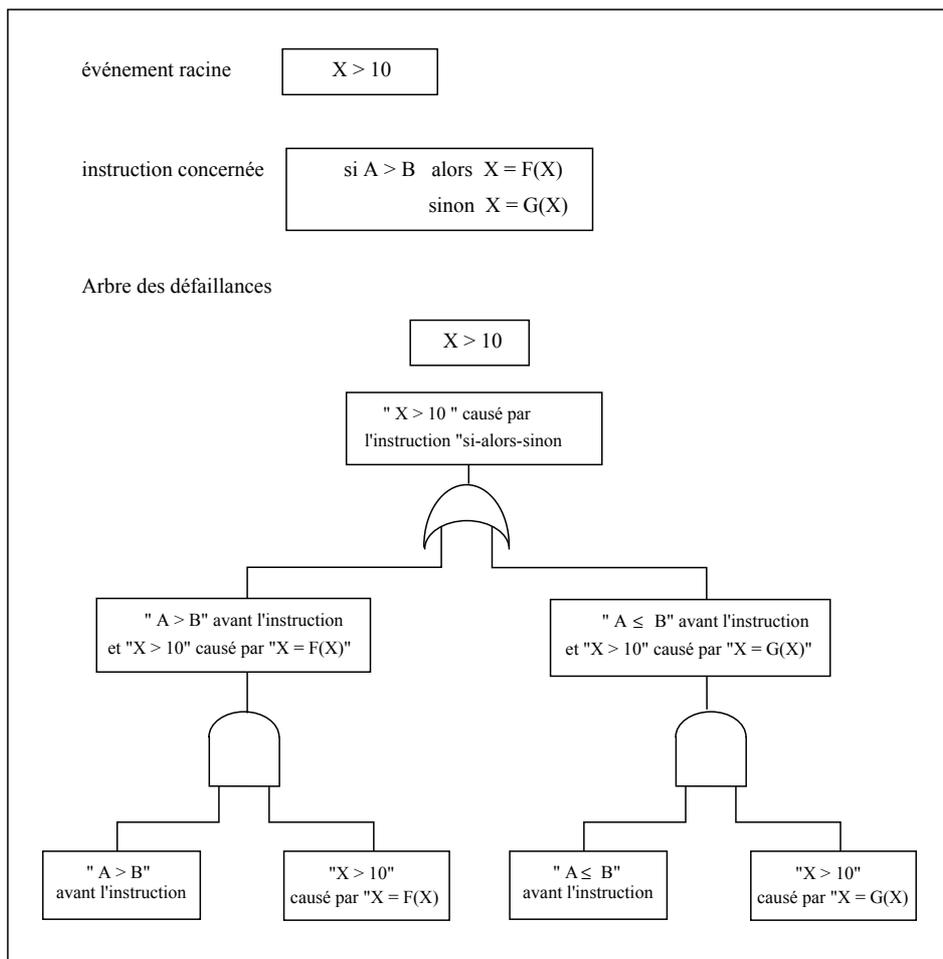


Figure 65 : Exemple d'Arbre de Défaillances du logiciel⁶³.

⁶³ HOURTOLL, (1987) p. 21

C. Avantages

L'Analyse par Arbre de Défaillances permet de n'examiner que les défaillances ayant des conséquences significatives au niveau d'un événement indésirable. La mise en évidence des interactions entre les différents événements impliqués dans un événement indésirable est facilitée par l'utilisation d'un mode de représentation graphique synthétique. Celui ci donne une vue d'ensemble des causes potentielles des défaillances.

Des programmes informatiques offrent une aide pour la mise en oeuvre de la méthode :

- traçage automatiquement du dessin des arbres de défaillances,
- détermination des coupes minimales d'un arbre,
- calcul de la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable à partir des probabilités d'occurrence des événements élémentaires.

D. Limites

Le facteur temps est difficilement pris en compte dans ce mode d'analyse. Le tracé d'un Arbre de Défaillances peut devenir très rapidement compliqué et de grande dimension, en particulier si l'événement racine choisi est trop général.

12.4.5. Analyse par les Réseaux de Petri

A. Objectif

Les réseaux de Petri sont utilisés essentiellement comme outil de modélisation de logiciel [BRAMS (1983)]. Dans des applications d'analyse de sécurité, ils sont utilisés comme outil de vérification du comportement d'un système informatique, en modélisant à la fois le matériel et le logiciel.

B. Démarche

Un réseau de Petri est un quadruplet $\langle P, T, e, s \rangle$ où :

* P est un ensemble d'éléments appelés des "places". Dans le cas d'un logiciel, les places représentent des données ou des ressources. P est un ensemble fini, non vide. $P = \{p_i\}$, $i = 1$ à n_p .

* T est un ensemble d'éléments appelés des transitions. Dans le cas d'un logiciel, les transitions représentent des activités, des composants logiciels, des tâches, des fonctions ou des instructions. T est un ensemble fini, non vide. $T = \{t_i\}$, $i = 1$ à n_t .

P et T sont disjoints

* e est une application de P dans T qui à chaque place de P fait correspondre un sous ensemble de T appelé transitions suivantes.

* s est une application de T dans P qui à chaque transition de T fait correspondre un sous ensemble de P appelé places suivantes.

Un réseau de Petri se présente en général sous la forme d'un graphe orienté biparti où les noeuds sont les places et les transitions ; les arcs reliant les noeuds sont les applications e et s .

Pour simuler le fonctionnement d'un logiciel modélisé par un réseau de Petri, on définit une application m de P dans N (ensemble des entiers naturels) appelée "marquage". Dans le cas d'un logiciel, les marquages représentent des données ou des ressources disponibles. Le marquage des places est représenté par des jetons, matérialisés par des points à l'intérieur des places. Le marquage du réseau est modifié par le "tir" d'une transition. Un jeton est alors retiré de chacune des places d'entrée et un jeton est placé dans chacune des places suivantes (le tir d'une transition n'est possible que si elle est "sensibilisée"; une transition est sensibilisée si et seulement si chacune des places ayant un arc aboutissant à la transition contient au moins un jeton). Le tir d'une transition est de durée nulle.

Des modèles ont été développés pour associer le paramètre temps aux réseaux de Petri. Dans le modèle de MERLIN (1974), une transition ne peut être tirée qu'après avoir été sensibilisée pendant un délai t_{min} . Au-delà du délai t_{Max} , elle ne peut rester sensibilisée sans être tirée. Le tir de transition est de durée nulle. Dans les modèles de RAMCHANDANI (1974), le paramètre temps est associé à la durée du tir, qui commence dès que la transition est sensibilisée. Le tir absorbe les jetons des places d'entrée d'une transition qui ne sont restitués dans ses places de sortie que lorsque la durée de tir est écoulée.

Dans le cadre d'une analyse de sécurité d'un système informatique, on construit le réseau de Petri au niveau du logiciel et de son environnement. On détermine dans un premier temps, les états à haut risque, pouvant mener à une défaillance catastrophique. Ces états sont représentés sur le réseau par des "marquages à haut risque". Une première simulation de fonctionnement du système sert à vérifier, qu'en l'absence de défaillances, on n'atteint pas un de ces états. Si c'est le cas, il faut modifier le réseau de façon à éliminer le chemin critique. Le comportement du système est ensuite simulé après avoir modélisé les fautes qui peuvent amener le système dans un état à haut risque. La tolérance aux fautes du système peut être alors analysée et améliorée par la suppression des chemins critiques.

C. Avantages

Les réseaux de Petri permettent de simuler de manière très intéressante, le comportement d'un système complexe et ses interactions avec son environnement. Ils offrent la possibilité de prendre en compte explicitement le paramètre temps, permettant ainsi de supprimer des séquences impossibles à cause de la durée de certains événements. Il existe de nombreux programmes informatiques d'assistance à l'analyse et à l'édition graphique des réseaux de Petri.

D. limites

La méthode, par sa complexité, est réservée à des spécialistes. Elle nécessite des outils d'aide à la manipulation des graphes qui deviennent rapidement de taille importante, même pour un réseau relativement simple. La prise en compte des combinaisons de défaillance est possible mais rend rapidement le réseau trop complexe à analyser.

12.5. Conclusion : choix des méthodes transposables à notre application

Nous avons retenu comme critères de choix d'une méthode de management des risques, transposable à notre application, les critères suivants :

- la simplicité d'utilisation
- travail de groupe
- méthode connue
- utilisation prévisionnelle et corrective
- type d'application / processus

	simplicité d'utilisation	travail de groupe	méthode connue / utilisée	prévisionnelle et corrective	type d'application / processus
A.P.R.	bonne	oui	oui	oui	produit
HAZOP	bonne	oui	industrie chimique	oui	circulation des fluides
A.M.D.E.C.	bonne	oui	oui	oui	oui
ARBRES DE DEFAILLANCES	difficile	oui	moyenne/peu utilisée	après l'A.M.D.E.C.	plutôt produit
RESEAUX DE PETRI	difficile	difficile	réservée à des spécialistes	oui	logiciel , systèmes informatiques

L'étude et la pratique des outils de la sûreté de fonctionnement et du management des risques projet nous ont amenés à considérer comme pertinents, l'Analyse préliminaire de risque et l'A.M.D.E.C. dans le cadre d'une utilisation adaptée pour l'Analyse de fiabilité du processus de Conception de Produits Nouveaux.

La complexité d'utilisation, pour l'application qui nous intéresse, des méthodes de l'arbre des défaillances et des Réseaux de Pétri nous a amenés à ne pas développer une adaptation de ces méthodes dans le cadre de nos travaux. Leur apport probable peut faire cependant l'objet d'une suite à donner à ces travaux.

13. PROPOSITION D'UNE METHODE DE MANAGEMENT DES RISQUES

PROJET : L'A.D.I.P.⁶⁴

Les concepts qualité préconisent que pour toute activité, il soit fait tout d'abord une analyse, puis l'action, puis le contrôle et enfin la correction. Si l'activité est répétitive, il convient d'y ajouter un système de capitalisation du savoir faire pour une utilisation en retour d'expérience. En application de ces principes, nous proposons une méthode de management des risques projet comprenant :

- une démarche préventive : elle consiste à l'élaborer un projet en envisageant les risques susceptibles d'apparaître au cours de ce projet. L'objectif est de choisir le scénario du projet en connaissance de cause et de prévoir des scénarios alternatifs en cas de problème en cours de projet.
- Une démarche corrective : le scénario d'un projet n'est pas figé une fois pour toutes. De nombreux événements, heureux ou malheureux, amènent le chef de projet à le faire évoluer de manière opportuniste. Les risques évoluent donc tout au long du déroulement d'un projet.
- Un système de capitalisation du savoir faire pour une utilisation en retour d'expérience : l'évaluation des risques projet est liée à l'expertise du chef de projet. Cette expertise se construit par l'accumulation d'expériences. Pour bénéficier de cette expérience et de celle des autres chefs de projet, nous préconisons une démarche de capitalisation et de retour d'expérience sur les risques projet.

13.1. Démarche préventive

⁶⁴A.D.I.P. : Analyse des Dysfonctionnements de l'Information dans un Projet.

La démarche préventive que nous préconisons d'appliquer lors de l'élaboration d'un projet comporte 6 étapes.

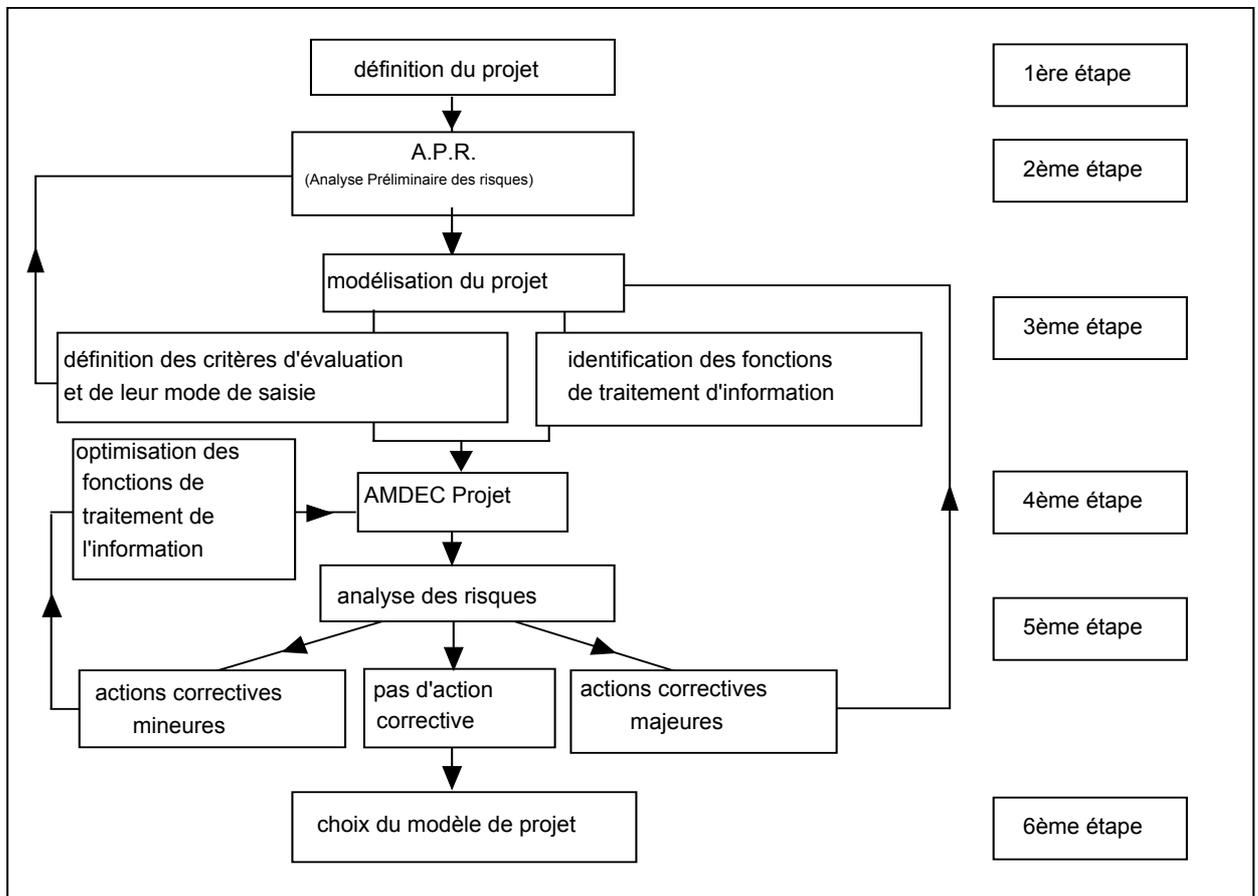


Figure 66 : démarche préventive de management des risques projet.

- **Première étape : définition du projet**

Les éléments retenus pour définir un projet sont :

- * Les raisons du choix de ce projet ; les objectifs stratégiques.
- * Les objectifs de délais.
- * Les budgets.
- * Les ressources matérielles et humaines disponibles.
- * Eventuellement, les contraintes d'organisation imposées.

- **Deuxième étape : Analyse préliminaire des risques**

Une analyse préliminaire des risques est effectuée sur la base des éléments de définition du projet de la première étape. Ceci dans le but de déterminer l'intérêt de réaliser une étude plus approfondie des risques.

- **Troisième étape : Modélisation du projet**

Un ou plusieurs modèles de projet peuvent être élaborés. Les critères d'évaluation de ce(s) projet(s) et leurs modes de saisie sont alors définis afin de vérifier l'adéquation de ces modèles avec les objectifs du projet. Les fonctions de traitements d'informations des différents modèles de projet envisageables sont définies. Chacune des fonctions du processus, retenues pour l'A.M.D.E.C., est alors décomposée selon trois composantes : le recueil, le traitement et la transmission des informations (cf. Fig. 7). A chacune de ces composantes correspondent des fonctions élémentaires du processus.

- **Quatrième étape : A.M.D.E.C. Projet**

Les fonctions élémentaires du processus de traitement des informations sont analysées selon leurs modes de défaillance, et leurs effets sur le projet (en terme de qualification du produit). La criticité de ces fonctions est évaluée.

- **Cinquième étape : analyse des risques**

En fonction de la criticité des fonctions, le chef de projet, aidé par le groupe de travail, détermine les avantages et inconvénients à prendre certains risques et pas d'autres. Ces choix aboutissent à trois types d'actions :

- * *actions correctives mineure* : le modèle de projet est conservé en l'état, mais les fonctions élémentaires de traitement de l'information sont optimisées pour en diminuer la criticité : redondance de fonctions pour diminuer la gravité ou/et fonctions complémentaires pour diminuer les probabilités d'apparition ou/et de non-détection.
- * *Pas d'action corrective* : le projet est inchangé, les risques étant pris en connaissance de cause. Des scénarios alternatifs sont définis pour réorienter le projet, si besoin est, en cas de défaillance.
- * *Actions correctives majeures* : le modèle de projet est inacceptable en terme de risques et est corrigé en fonction de l'analyse de risque effectuée.

- **Sixième étape : choix d'un scénario**

Le choix d'un scénario peut se faire par comparaison des criticités des fonctions de chacun des scénarios et par le calcul du nombre de fonctions critiques majeures pour chacun des

scénarios. Il peut se faire également par calcul d'une criticité globale et d'une criticité moyenne. Il faut cependant tenir compte de ces deux derniers critères avec précaution car ils peuvent faire perdre du sens à l'analyse par leur côté très synthétique.

13.2. Démarche corrective

Lors des phases d'évaluation du projet (revues de projet), deux cas de figure peuvent se présenter :

1^{er} cas : le projet se déroule conformément à ce qui a été prévu :

L'évaluation du projet amène à supposer :

- que la finalité des fonctions du processus ont été comprises par ceux qui en avaient la charge,
- qu'elles ont fait l'objet de définition de tâches pertinentes,
- que les informations nécessaires à l'exécution de ces tâches ont été identifiées et prises en compte de façon pertinente,
- que ces tâches ont été correctement exécutées.

Cette évaluation positive permet :

- de relativiser les risques qui étaient supposés être pris initialement,
- de valider les mesures préventives prises au niveau de la bonne exécution de certaines fonctions du processus, et définies grâce l'A.M.D.E.C. Projet .

2^{ème} cas : le projet présente des défaillances.

L'interprétation de cette évaluation peut poser des difficultés dans la détermination des causes réelles de dysfonctionnement. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées :

- que la finalité des fonctions du processus n'ont pas été comprises par ceux qui en avaient la charge,
- qu'elles ont fait l'objet de définition de tâches non pertinentes,
- que les informations nécessaires à l'exécution de ces tâches ont été mal identifiées et/ou prises en compte de façon non pertinente,
- que ces tâches ont été mal exécutées.

Il est donc nécessaire d'établir un diagnostic précis permettant :

- de mettre en place des actions correctives pour le projet en cours,
- de définir des actions de fiabilisation pour les projets futurs.

13.3. PROPOSITION d'un concept d'AMDEC PROJET

Nous avons déterminé, à partir de l'étude de la Sûreté de Fonctionnement, de ses concepts, méthodes et outils, que l'A.M.D.E.C. était un des outils qui pouvait répondre, en première approche, aux objectifs de fiabilisation prévisionnelle du processus de conception de Produits Nouveaux, en mettant en évidence ses modes de défaillance singuliers et critiques.

Compte tenu du caractère novateur de l'application que nous voulons en faire, il est nécessaire de définir un type d'AMDEC spécifique à nos besoins.

13.3.1. A.M.D.E.C. des Fonctions (Processeurs)

L'analyse fonctionnelle du processus de conception de Produits Nouveaux nous a permis de définir plusieurs processeurs qui peuvent être assimilés aux composants d'un produit.

Ces processeurs, « composants » du processus, remplissent des fonctions. C'est au niveau de l'étude des défaillances de ces fonctions que va pouvoir se faire l'analyse de risque.

13.3.2. Définition des fonctions de traitement d'information

Nous proposons de définir ces processeurs comme étant ceux ayant pour entrée/sortie les différents états du cycle de vie d'un produit tel que nous l'avons défini dans notre modélisation du processus de conception de produits nouveaux.

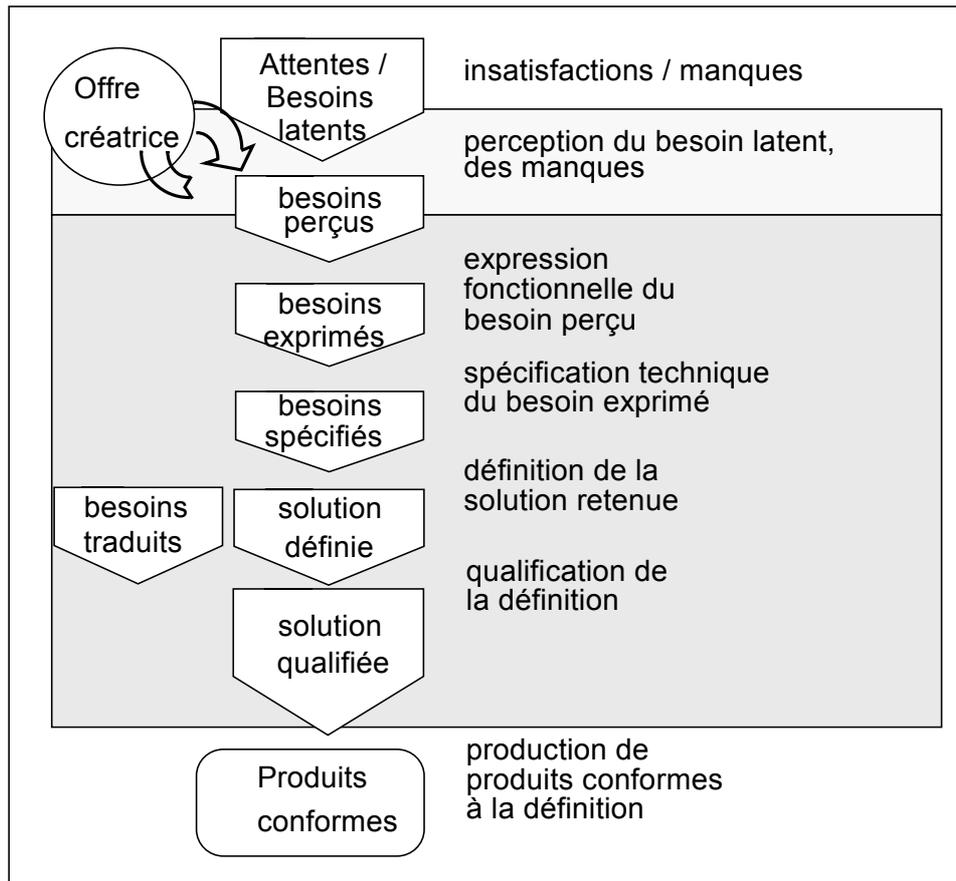


Figure 67 : modèle générique du processus de traitement de l'information

Le passage d'un état n à l'état $n+1$ de la définition du produit résulte d'un processus de compréhension et de « reformulation » du problème. Cette activité procède de deux mécanismes [AKIN (1978)]⁶⁵ :

- une acquisition d'informations à partir de l'environnement externe,
- l'interprétation de ces informations et le stockage en mémoire des informations interprétées, qui aboutissent à une redéfinition du problème, propre au concepteur.

⁶⁵ AKIN, O; (1978). How do architects design ? in Latombe (Ed.) Artificial Intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design. IFIP, North-Holland Publishing Company.

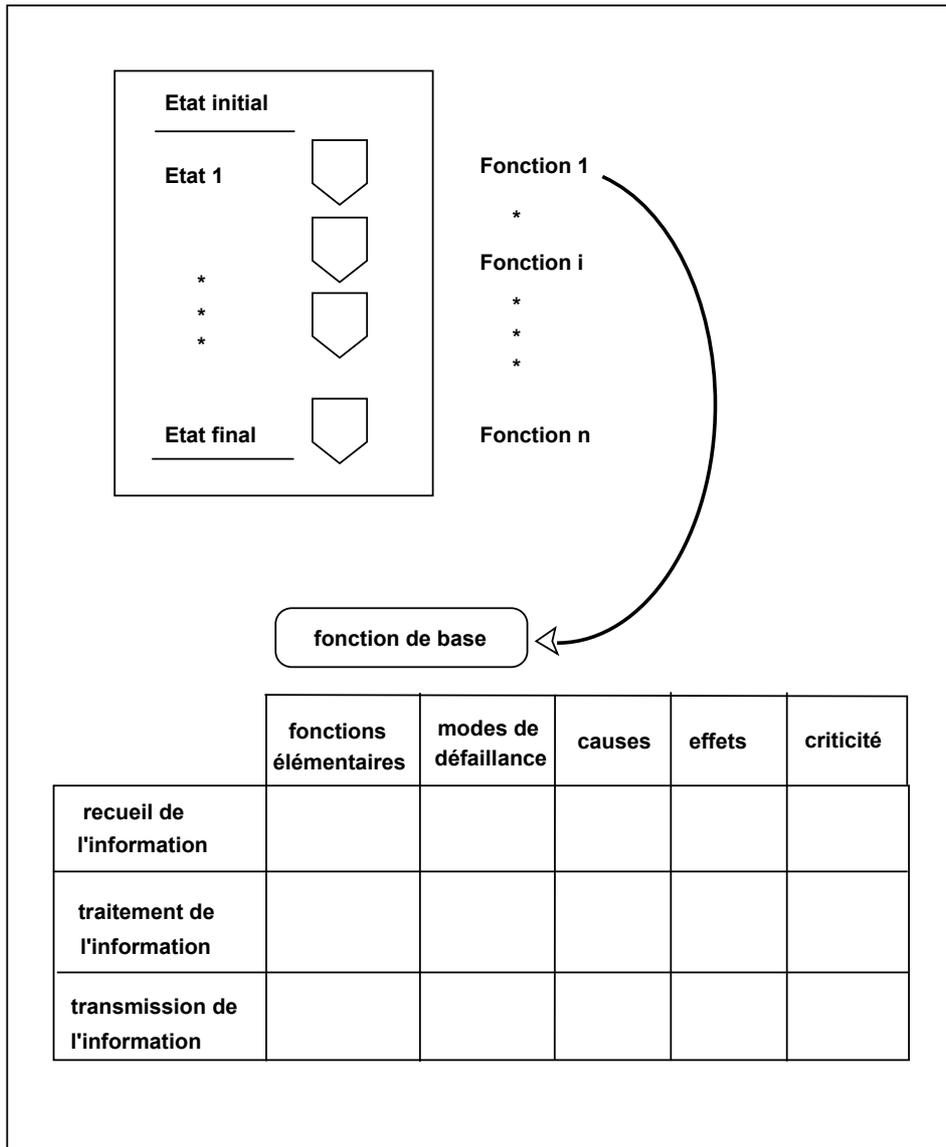


Figure 68 : démarche d'analyse A.M.D.E.C. Projet

Nous avons défini par :

- Recueil de l'information, les tâches :
d'acquisition
et de stockage des informations
- Traitement de l'information, les tâches :
d'interprétation
et de stockage des informations
- Transmission de l'information, les tâches :
de codage
et de diffusion des informations

L'acquisition de l'information suppose de déterminer les informations pertinentes à rechercher. Ce processus de « filtrage » des informations (BISSERET, 1979) consiste en la sélection d'une partie des caractéristiques et des propriétés des exigences et des spécifications définies à chaque état du processus de conception d'un produit nouveau (MAHER 1990). Cette recherche et cette sélection d'informations pertinentes se font à partir des connaissances acquises antérieurement (Par paramétrage d'un schéma préétabli, par analogie avec d'autres projets etc. ...). Cette activité montre toute l'importance du retour d'expérience et de la capitalisation du savoir faire en matière de management de projet.

L'interprétation des informations consiste :

- à paramétrer les caractéristiques, et les propriétés des informations nouvelles apportées par l'étape précédente,
- à prendre en compte, de manière opportuniste, les informations qui sont générées par la définition de plus en plus précise du projet.

13.3.3. Modes de défaillance

La notion de « mode de défaillance » d'une « fonction du processus de Conception de Produits Nouveaux » est un concept nouveau. Les différents scénarios de projet peuvent se différencier d'une part, au niveau des fonctions, et d'autre part au niveau des moyens mis en oeuvre pour une même fonction.

La défaillance d'une fonction va être observable sur les informations générées en sortie. La description de ses modes de défaillance doit être suffisamment précise pour être exploitable. Mais il n'est pas non plus réaliste d'envisager toutes les possibilités d'altérations des informations. C'est pourquoi nous préconisons de regrouper toutes les défaillances possibles en classes. Ce regroupement doit se faire en fonction de l'utilisation des informations par les autres fonctions du processus de conception. Les modes de défaillances définis pour une fonction dépendent donc de ses interactions avec le reste du processus : ils ne sont pas généraux, mais dépendent à la fois, des entreprises, du processus et du projet de conception de produit en lui même.

La notion de mode de défaillance étant définie comme étant le symptôme qui révèle la défaillance, la démarche à adopter est de se demander, pour chaque fonction remplie par le système (et sous-fonctions), ce qui se passe si :

- * la fonction ne se réalise pas (au moment désiré),
- * la fonction ne se réalise plus,

- * la fonction est dégradée (réalisation avec des performances différentes de celles prévues),
- * la fonction se réalise de façon intempestive.

On peut également établir les modes de défaillance à l'aide de « macrocauses ».

13.3.4. Recherche des causes :

pour chaque mode de défaillance, on recense toutes les causes possibles, liées :

- aux informations et à leurs caractéristiques,
- à des contraintes externes,
- à des phénomènes parasites,

13.3.5. Recherche des effets :

Les effets sont les résultats des modes de défaillance. Ceux-ci sont classés en deux types : effets sur les fonctions supérieures du système et effets sur le milieu extérieur (systèmes externes) pour faciliter l'utilisation éventuelle de la méthode Arbres de Défaillance (cf page : 154).

Dans le cadre de nos travaux, nous avons limité notre analyse à la phase du projet qui va de la définition du besoin, à la qualification⁶⁶ du produit. Les effets d'une défaillance du processus de traitement de l'information peuvent donc être définis en trois types :

- faible conséquence sur la qualification du produit.
- conséquences importantes en termes de délais ou de coût sur la qualification du produit.
- non-qualification du produit.

13.3.6. Criticité

A. Définition

Dans les A.M.D.E.C., la criticité d'une tâche est généralement définie par :

$C = \text{Gravité} \times \text{Probabilité d'apparition de la défaillance} \times \text{Probabilité de non-détection de la défaillance}.$

La notion de criticité doit être adaptée ici à la nature particulière du concept de défaillance du processus de C.P.N. En effet, il ne nous est pas apparu possible d'affecter des probabilités

⁶⁶ Qualification : procédure permettant de s'assurer que la définition du produit est apte à satisfaire le besoin de l'utilisateur, et est reproductible industriellement.

d'apparition et de non-détection aux modes de défaillance. Cependant le savoir faire et l'expérience de l'entreprise peuvent être mis à profit pour établir une échelle de valeur du risque d'apparition et de non-détection d'une défaillance.

D'autre part, la gravité des conséquences d'une défaillance peut, de même, être estimée par l'expertise et le savoir faire de l'entreprise. Il n'existe pas de critère absolu mais des critères relatifs aux objectifs de risques fixés dans le cadre du développement d'un produit nouveau. Il est donc possible de définir ainsi, de manière qualitative, un type de criticité adapté à notre concept d'A.M.D.E.C. Projet.

B. Principe de la notation

Plusieurs échelles de notation peuvent être envisagées : par exemple, des échelles de notes allant de 1 à 10 permettent d'envisager des niveaux de défaillances très fins. On trouve ces échelles dans des A.M.D.E.C. produit [VIGIER (1981)]. Dans notre cas, nous préconisons que la Gravité soit évaluée par des notes permettant de différencier nettement les criticités des fonctions. Ceci, de façon à mettre en évidence les fonctions les plus critiques. Il ne s'agit pas d'analyser la valeur absolue, très précise, de chaque criticité, mais leur valeur relative. En effet, les notes attribuées aux différents paramètres de la criticité comportent une grande part de valeur subjective et les choix d'organisation de projet ne sont jamais totalement rationnels [SIMON, (1973)].

Pour la gravité, nous avons retenu une échelle du type 1,3,9, inspirée du mode de pondération des matrices Q.F.D.⁶⁷

- Gravité :

1 : Faible conséquence sur la qualification du produit.

3 : Conséquences importantes en termes de délais ou de coût sur la qualification du produit.

9 : Non-qualification du produit.

De même pour la *probabilité d'apparition* et de *non-détection*, il est possible de traduire cette caractéristique en une note. Nous préconisons d'adopter une échelle de note du type de celle que nous avons préconisé pour la Gravité :

1 : Faible risque d'apparition - de non-détection

3 : Risque important d'apparition - de non-détection

9 : Risque très important d'apparition - de non-détection

C. Appréciation de la criticité

La criticité des fonctions évolue tout au long du projet. Au début du projet, la criticité des fonctions est appréciée par l'affectation des valeurs de *gravité*, *apparition* et *non-détection* estimées par l'équipe projet. Au fur et à mesure que le projet avance, la criticité des fonctions peut évoluer : de nouvelles informations peuvent modifier le jugement que l'on pouvait porter sur les risques. D'autre part, la détection d'une défaillance peut n'apparaître que beaucoup plus tard après que la fonction ait été exécutée. La criticité d'une fonction ne pourra donc être annulée que lorsque l'on aura la certitude que tous les effets des dysfonctionnements possibles de cette fonction, recensés dans l'A.M.D.E.C., sont passés.

L'appréciation des valeurs de gravité, apparition et non-détection étant très subjectives, nous proposons de ne pas calculer la criticité comme étant le produit de ces trois valeurs mais selon un système de grilles de criticité (cf. Figure 69: Grilles de Criticité., Page 171).

- Les fonctions situées dans les cases "grisées sombres" de ces grilles correspondent aux fonctions perçues par le groupe de travail comme étant des fonctions critiques majeures.
- Celles situées dans les cases "grisées claires" de ces grilles correspondent aux fonctions perçues par le groupe de travail comme étant des fonctions critiques mineures.
- Les fonctions situées dans les cases blanches de ces grilles correspondent aux fonctions perçues par le groupe de travail comme étant des fonctions non-critiques.

⁶⁷ Q.F.D.: Quality Function Deployment

Les zones, définies pour les différents types de criticité, sont données à titre d'exemple. Elles doivent être fixées avant chaque projet, par l'équipe projet, en fonction de son expertise sur des projets similaires.

Les avantages de ce principe de grilles de criticité sont :

- de ne pas perdre la notion de relativité et de subjectivité des trois critères,
- de pondérer les critères en fonction de la confiance qu'a l'équipe projet dans son jugement.

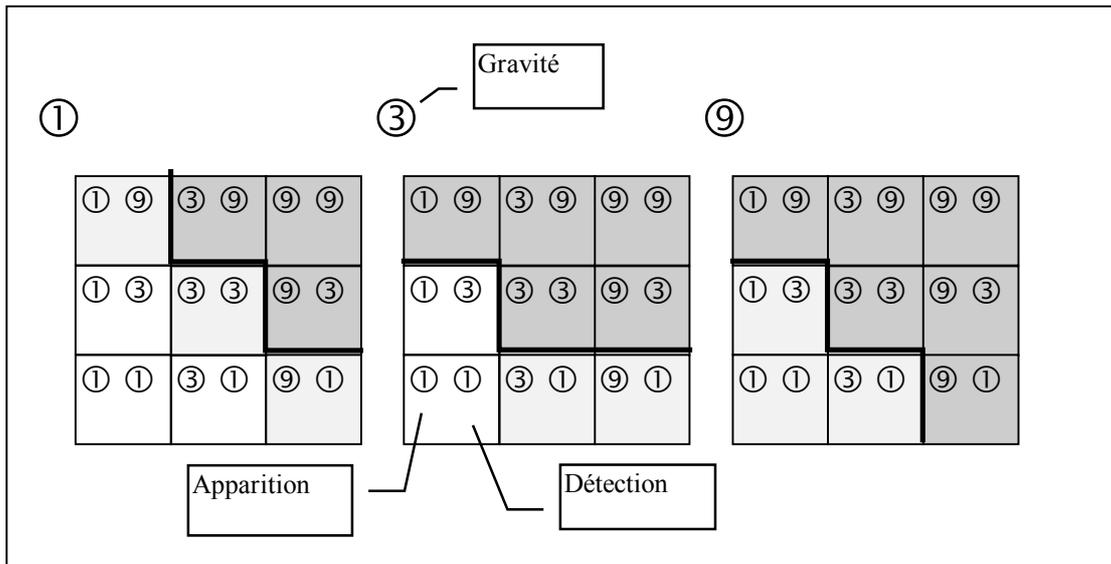


Figure 69: Grilles de Criticité.

Les fonctions critiques peuvent faire l'objet de mesures préventives, de façon à réduire le risque au niveau de l'apparition de la défaillance. Cela peut se faire également en améliorant les possibilités de détection. Dans ce cas, il faut prévoir d'engager, si nécessaire, des actions correctives en cours de déroulement du projet. Ces actions préventives ou/et correctives seront "dimensionnées" en fonction du caractère majeur ou mineur de la criticité. Il peut également être décidé de conserver le projet tel quel, en prenant le risque tel qu'il a été identifié, pour les avantages qu'il présente : gain de temps, de coût, raisons stratégiques. S'il en résulte un problème au niveau du projet, le chef de projet peut alors justifier cette prise de risque comme ayant été voulue en concertation avec ses responsables hiérarchiques.

13.4. Exemple d'application de L'A.M.D.E.C. projet à un modèle générique

13.4.1. Analyse fonctionnelle du processus de traitement d'information d'un modèle générique

Le modèle générique que nous avons retenu à titre de premier exemple de l'A.M.D.E.C. Projet est celui défini à la Figure 67 page 161.

• Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « PERCEPTION DU BESOIN LATENT »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * surveiller la concurrence directe/indirecte * surveiller l'évolution des styles de vie * Auditer les clients potentiels * recueillir les plaintes des clients * <i>surveiller, dans le temps, l'évolution de la stratégie d'adaptation Produit/consommateur.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> * percevoir les besoins latents des clients, susceptibles de faire l'objet d'une offre de produit de la part de l'entreprise * définir le secteur du marché et estimer : <ul style="list-style-type: none"> - la classe/flexibilité des critères d'appréciation, - la quantité, - le prix, - le délai associés à l'offre produit (Norme ISO 9004) * caractériser les performances/critères de valeur/d'appréciation attendus d'une offre produit : <ul style="list-style-type: none"> - conditions d'environnement et d'utilisation - fiabilité - caractéristiques sensorielles : style, couleur, goût, odeur - configuration d'installation ou autres - normes et texte réglementaires applicables - conditionnement - assurance de la qualité / vérification Normes ISO 9004 * estimer l'espérance de vie commerciale * évaluer la concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> * rédiger le cahier des charges Marketing * <i>cahier des charges qualitatif design</i>

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN PERÇU »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir le cahier des charges Marketing * cahier des charges qualitatif design 	<ul style="list-style-type: none"> * traduire la perception du « besoin client » en termes fonctionnels : <ul style="list-style-type: none"> - exprimer les fonctions de service et les contraintes - associer à ces fonctions et contraintes les critères d'appréciation, leur niveau et leur flexibilité 	<ul style="list-style-type: none"> * rédiger le cahier des charges fonctionnel

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « SPECIFICATION TECHNIQUE DU BESOIN EXPRIME »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir le cahier des charges fonctionnel * informations sur la veille technologique * information sur la concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> * exprimer les fonctions de besoin en fonctions techniques * rechercher les principes fondamentaux permettant de répondre à ces fonctions techniques * associer aux critères de valeurs des fonctions les performances caractéristiques des principes envisagés 	<ul style="list-style-type: none"> * rédiger la « Spécification technique du besoin »

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « DEFINITION DE LA SOLUTION RETENUE »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir la « Spécification technique du besoin », * veille technologique * normes, * informations sur la concurrence, * savoir faire sur les produits précédents (lois de dimensionnement du produit) 	<ul style="list-style-type: none"> * rechercher les solutions alternatives associées aux principes retenus dans la spécification technique du besoin * évaluer les solutions * choisir les solutions * définir l'architecture élémentaire du produit * définir les fonctions techniques élémentaires * définir les solutions répondant aux fonctions techniques élémentaires * calculer les performances 	<ul style="list-style-type: none"> * rédiger le dossier de définition * rédiger le dossier justificatif de la solution

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « QUALIFICATION DE LA DEFINITION »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir la spécification technique de besoin * recueillir les dossiers de définition et justificatif de la définition * procédure de qualification 	<ul style="list-style-type: none"> * Evaluer les performances, la durabilité, la sécurité, la fiabilité et la maintenabilité dans les conditions prévues dans la Spécification technique de besoin (stockage, fonctionnement dans des conditions normales et anormales) <p>(Normes ISO 9004)</p>	<ul style="list-style-type: none"> * rédiger le dossier de qualification

13.4.2. A.M.D.E.C. du Modèle générique (extrait)

<u>TACHES</u> Fonctions principales	Modes de défaillance des Fonctions élémentaires	Gravité = G (1-3-9)	Probabilité d'apparition = P.a. (1-3-9)	Probabilité de non-détection = P.n.d. (1-3-9)	Criticité des tâches = C = G*P.a.*P.n.d.	
Expression fonctionnelle du besoin perçu	Cdc marketing incomplet	9	3	1	Cm	27
	Traduction en termes fonctionnels	9	1	9	CM	81
	*contresens	3	3	1	Cm	9
	* partielle	1	9	1	Cm	9
	* en terme de solution					
	Mauvais critères d'appréciation	9	1	3	Cm	27
	Erreur de niveau	3	1	9	CM	27
	Flexibilité inadaptée	1	9	9	Cm	81

Rappel du principe d'évaluation de la criticité :

criticité d'une tâche : $C = \text{Gravité} \times \text{Probabilité d'apparition de la défaillance} \times$

Probabilité de non-détection de la défaillance.

CM : criticité majeure,

Cm : criticité mineure.

14. APPLICATION DE LA METHODE SUR DES CAS INDUSTRIELS

La validation d'une méthode telle que celle que nous proposons, suppose de l'appliquer sur un grand nombre de cas concrets. Cette validation est en cours dans le cadre des travaux du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM, en relation avec des entreprises industrielles. Mais le développement d'un produit nouveau est une opération longue et soumise à de fortes contraintes de confidentialité. C'est pourquoi nous ne présenterons dans les chapitres suivants, que deux projets, dont la représentativité ne permet pas de valider entièrement la méthode. Ils nous permettent quand même de rendre compte du caractère opérationnel de notre proposition, de ses avantages et de ses limites. Nous espérons également qu'ils permettront de clarifier les principes que nous avons énoncés précédemment.

14.1. Projet B.MARLY

Ce projet a été réalisé avec une entreprise de taille moyenne, réalisant des fauteuils de relaxation. L'analyse de risque comprend une partie prévisionnelle, puis le suivi du projet, impliquant des actions correctives.

14.1.1. Analyse prévisionnelle des risques

Etape 1 : définition du projet

Objectif stratégique :

Motorisation d'un fauteuil existant (Dallas) pour 500 francs maximum par produit.

Orientation de l'action :

Il s'agit, à partir du savoir-faire de l'entreprise, de concevoir un siège de relaxation motorisé. Cette étude sera menée dans l'optique d'utiliser des composants ou des procédés « standards », utilisés par exemple dans le milieu de l'automobile.

Objectif de délais :

Le salon du meuble de Paris en janvier 95

Ressources matérielles, humaines et financières :

- Le laboratoire C.P.N. : 1 chef de projet, 2 ingénieurs, 1 technicien.
- L'atelier du laboratoire C.P.N. (ainsi que celui de l'ENSAM).
- Les experts du réseau du laboratoire C.P.N. : (J.M. JUDIC, D. MICHEL, B. ROUSSEL).

- Le cabinet Innovia, conseil en innovation - protection industrielle.
- M. Charlot, P.D.G. de la Sté B.MARLY.
- Aide ANVAR.

Etape 2 : analyse préliminaire des risques

Eléments dangereux		Situations dangereuses	Effets
Expérience de projets similaires		Entreprise : pas d'expérience similaire chef de projet ENSAM : expérimenté équipe projet ENSAM : pas d'expérience similaire. 1ère collaboration entre BMARLY et le Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM.	Pas de retour d'expérience sur des projets similaires : prévision et détection des risques difficiles.
Objectifs du projet		Clairs : améliorer les fonctionnalités d'un produit existant, par transfert de technologie (provenant, par exemple, du secteur automobile), pour limiter les coûts. Le produit doit être modifié le moins possible. Coût maximum de la nouvelle fonction : 500 francs.	Risque d'incompatibilité entre le produit actuel et les technologies disponibles dans le secteur automobile (ou autre), au coût spécifié. Modifications importantes du produit.
Cohérence des ressources/objectifs	Ressources humaines	L'interlocuteur de B-MARLY est le PDG. Disponibilité des techniciens B-MARLY pour réaliser les maquettes et prototypes.	- poids de l'avis du PDG. - problèmes de disponibilité. - Méthodes de travail différentes.
	Ressources matérielles	Pas de Bureau d'Etudes ni d'atelier de mécanique, d'électrotechnique et d'électronique chez BMARLY. Ateliers ENSAM.	Difficultés de transferts de technologies
	Ressources financières	R.à.S.	
Cohérence des ressources/objectifs	Délais	Très courts : jalon du salon du meuble en janvier 1995.	- précipitation dans les choix de solutions.
Disponibilité des informations		Secteurs du siège de bureau et du siège automobile bien connus du Laboratoire C.P.N.	- Informations disponibles. - limitation du champ des transferts de technologie.

Conclusion de l'équipe projet : les conditions de lancement de ce projet cumulent des risques suffisamment importants pour remettre en cause sa réussite et justifier une analyse plus approfondie des risques.

Etape 3 : Modélisation du projet

1/ traduction du besoin
 1.1/ confort
 1.2/ analyse de la concurrence
 1.3/ définition des fonctions du produit

1.4/ rédaction d'un cahier des charges fonctionnel
 2/ interprétation du besoin
 2.1/ recherche de solution en terme de :

- technologie (mécanismes, cinématique, motorisation)
- process (garnissage, assemblage)
- produit (proposition de concepts)

2.2/ proposition de solutions globales :
- recherche d'architectures

- définition des procédés
- évaluation des coûts

3/ définition du produit : conception détaillée

- choix d'une solution
- définition du produit

Le planning associé à ce programme de travail était au 18 juillet 1994 le suivant :

1.4/ pour le 23 septembre 94 (envoi à B. MARLY) et discussion le 29 septembre 94.

2.1/ les pistes de solutions pour le 29 septembre 94

2.2/ pour un choix le 14 octobre 94

3/ définition précise du produit pour le 28 octobre 94

Fournitures prévues : un rapport en fin de la phase 1 et un rapport en fin de la phase 3 (2 documents)

Durée de l'étude : 4 mois

Moyens humains : un chef de projet ; 2 ingénieurs spécialisés à mi-temps ; 1 technicien.

- en parallèle, étude du cabinet Innovia en 2 temps :

- 1 - liberté d'exploitation (recherche de brevets).
- 2 - protection industrielle.

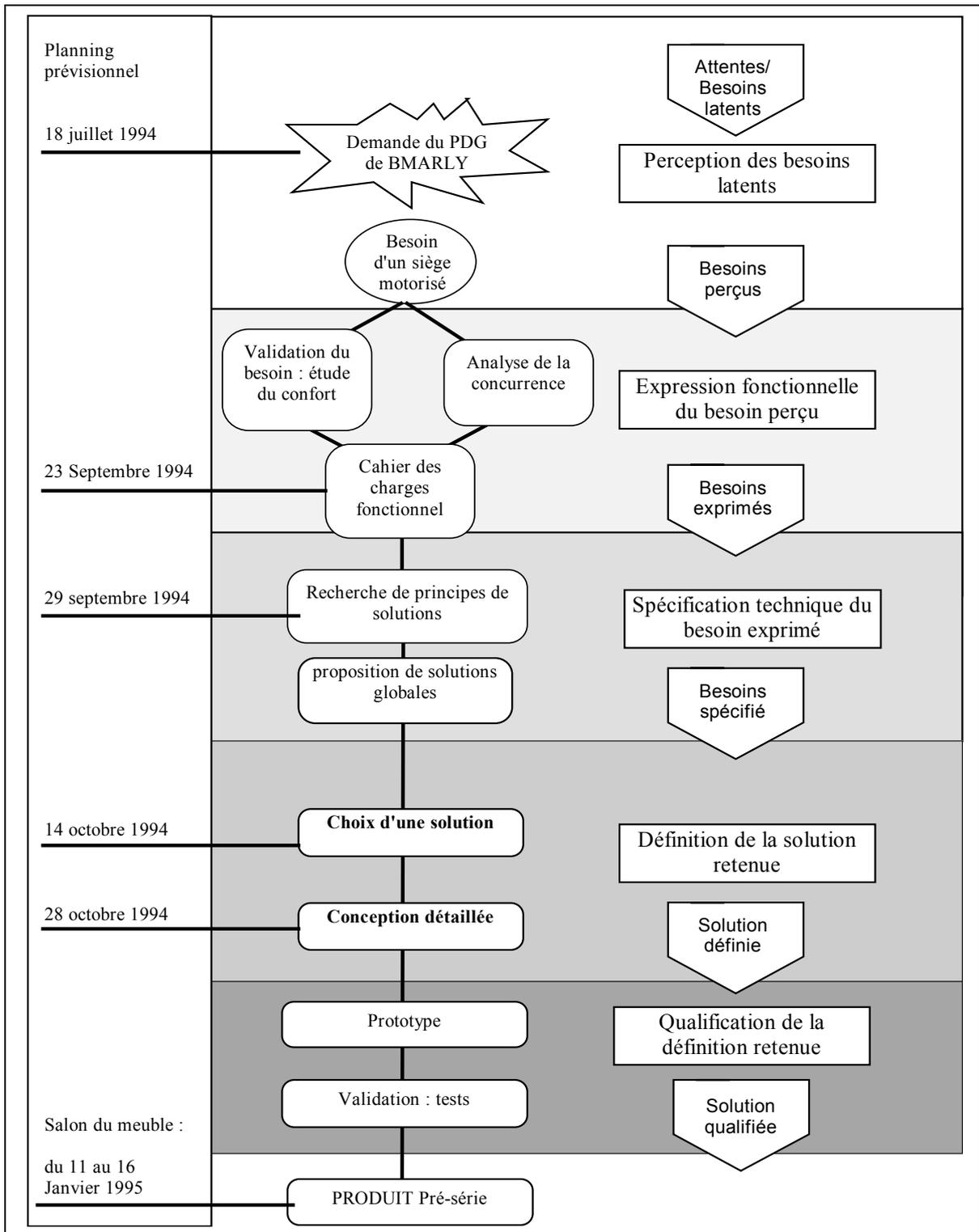


Figure 70 : Modélisation initiale du projet B-MARLY : 18 juillet 1994

Analyse fonctionnelle de la fonction : « PERCEPTION DU BESOIN LATENT »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * bibliographie sur le confort * surveiller la concurrence directe/indirecte. * interview de M. CHARLOT sur les besoins des clients. * étude des lois, normes sur l'électricité dans l'électroménager 	<ul style="list-style-type: none"> * percevoir les besoins latents des clients, susceptibles de faire l'objet d'une offre de produit de la part de B-MARLY : définir le secteur du marché * caractériser les performances/critères de valeur/d'appréciation attendus d'une offre produit : <ul style="list-style-type: none"> - conditions d'environnement et d'utilisation. - fiabilité. - caractéristiques sensorielles : style, couleurs. - normes et texte réglementaires applicables. - conditionnement. * évaluer la concurrence : au niveau des produits (technique, coût...) et des entreprises (taille, position ressources, stratégie...). 	<ul style="list-style-type: none"> * cahier des charges Marketing * dossier technique sur les solutions concurrentes

Analyse fonctionnelle de la fonction : « EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN PERÇU »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir le cahier des charges Commercialisation. 	<ul style="list-style-type: none"> * traduire la perception du « besoin client »: <ul style="list-style-type: none"> - exprimer les fonctions de service et les contraintes d'un fauteuil motorisé - associer à ces fonctions et contraintes les critères d'appréciation, leur niveau et leur flexibilité. * valider le besoin : qu'est-ce qui peut faire évoluer le besoin? (analyse fonctionnelle externe) 	<ul style="list-style-type: none"> * cahier des charges fonctionnel;

Analyse fonctionnelle de la fonction : «SPECIFICATION TECHNIQUE DU BESOIN EXPRIME»

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir le cahier des charges fonctionnel * informations sur la veille technologique : systèmes de motorisation des sièges automobiles * informations sur la concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> * exprimer les fonctions de besoin en fonctions techniques * rechercher les possibilités de transférer les solutions de l'automobile, sur le fauteuil modèle "Dallas" * associer aux critères de valeurs des fonctions les performances caractéristiques des principes envisagés, issus des solutions du secteur automobile. 	<ul style="list-style-type: none"> * « Spécification technique du besoin »

Analyse fonctionnelle de la fonction : «DEFINITION DE LA SOLUTION RETENUE»

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir la « Spécification technique du besoin » * veille technologique * normes * informations sur la concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> * évaluer les solutions alternatives associées aux principes retenus dans la spécification technique du besoin * choisir les solutions * intégrer les solutions dans l'architecture existante. * définir les fonctions techniques élémentaires * calculer les performances * dessiner la solution retenue 	<ul style="list-style-type: none"> * dossier de définition. * dossier justificatif de la solution.

Analyse fonctionnelle de la fonction : «QUALIFICATION DE LA DEFINITION»

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir la spécification technique de besoin * recueillir les dossiers de définition et justificatif de la définition * procédure de qualification 	<ul style="list-style-type: none"> * réaliser un prototype * évaluer les performances, la fiabilité et la maintenabilité dans les conditions prévues dans la Spécification technique de besoin (fonctionnement dans des conditions normales et anormales). 	<ul style="list-style-type: none"> * dossier de qualification * prototype

Etape 4 : A.M.D.E.C. projet (extrait)

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
P.B.L	RCL	bibliographie sur le confort	disponibilité des informations sur les besoins	temps d'accès aux informations	étude d'un faux besoin : produit inadapté	9	9	3	M	cf. A.1.1
		concurrence	disponibilité	surveillance insuffisante - milieu fermé	produit non concurrentiel	9	1	9	M	cf. A1.2
		besoins des clients : interview de M. CHARLOT	complétude du cahier des charges Marketing	problème de disponibilité, de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	3	M	cf. A1.3
		lois et normes / électricité dans l'électroménager	clarté	connaissance du domaine insuffisante	produit non homologable	9	3	1	m	cf. A1.4
	TRT	expression des besoins latents / secteur du marché	raisonnement en terme de solutions	la demande de l'entreprise est fortement orientée	manque de créativité	3	3	1	m	cf. A2.1
		caractériser les performances / critères de valeur	données incomplètes	le client est représenté par un seul interlocuteur B-MARLY	produit mal adapté	9	3	1	m	cf. A2.2
		analyser la concurrence	disponibilité - complétude	spécifications techniques peu détaillées	produit non concurrentiel	9	3	1	m	cf. A2.3
	TRM.	rédiger cahier des charges Marketing	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. A3.1
		Constituer dossier technique solutions concurrentes	complétude	tous les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. A3.2

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
E.F.	RCL	recueillir le cahier des charges Marketing	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	9	9	1	M	cf. B.1.1
	TRT	exprimer fonctions de service - les contraintes	exactitude : raisonnement en terme de solution	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. B.2.1
		définir critères de valeur-niveau-flexibilité	fiabilité des données	données pouvant évoluer en fonction des solutions	performance du produit	3	3	3	M	cf. B.2.2
		valider le besoin/évolutions	fiabilité de la méthode	formulation d'hypothèse	produit mal adapté	9	3	3	M	cf. B.2.3
B.P.	TRM.	rédiger le cahier des charges fonctionnel	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. B.3.1

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
STBE	RCL	recueillir le cahier des charges fonctionnel	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	3	9	1	m	cf. C.1.1.
		infos. sur la veille techno : motorisation sièges auto.	fiabilité des données	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. C.1.2
		infos. sur la concurrence	disponibilité	toutes les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. C.1.3
	TRT	expression besoins/fonctions techniques	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. C.2.1
		transfert des solutions connues/fauteuil "Dallas"	cohérence	méthode d'analyse	performance du produit	3	3	3	M	cf. C.2.2
		association critères de valeur/performance des solutions	complétude	confidentialité des données des fabricants	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. C.2.3
	TRM	rédiger la spécification technique de besoin	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. C.3.1

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
DSR	RCL	recueillir la spécification technique de besoin	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	3	9	1	m	cf. D.1.1
		infos. sur la veille techno : motorisation sièges auto.	complétude	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. D.1.2
		infos. sur les normes.	clarté	connaissance du domaine insuffisante	produit non homologable	9	3	1	m	cf. D.1.3
		infos. sur la concurrence	disponibilité	toutes les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. D.1.4
	TRT	évaluation des solutions	complétude	faible nombre de critères pris en compte	performance du produit	9	3	9	M	cf. D.2.1
		choisir les solutions	cohérence besoin/solution	méthode d'analyse	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.2
		intégrer les solutions dans l'architecture existante	cohérence solution/performances	méthode	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.3
		définir les fonctions techniques élémentaires	complétude	Analyse fonctionnelle incomplète	performance du produit	9	3	3	M	cf. D.2.4

		calcul des performances	exactitude	méthode de calcul	performance du produit	9	3	3	M	cf. D.2.5
		dessins de détail	complétude	contrôle insuffisant	reproductibilité non-satisfaisante : interprétation par la production	9	3	1	m	cf. D.2.6
	TRM	rédiger le dossier de définition	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	9	M	cf. D.3.1
		rédiger le dossier justificatif de la solution	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	9	M	cf. D.3.2
		rédiger la procédure de qualification	clarté	problème de langage commun	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf. D.3.3

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pnd	C	Action corrective	
QD	RCL	recueillir la spécification technique de besoin	disponibilité	délais de rédaction	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf.E.1.1
		recueillir les dossiers de définition et justificatif de la définition	disponibilité	délais de rédaction	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.1.2
		recueillir la procédure de qualification	disponibilité	délais de rédaction	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.1.3
	TRT	réaliser un prototype	représentativité de la définition	mode de réalisation	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.2.1
		évaluation des performances	complétude	représentativité des contraintes	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.2.2
	TRM	rédiger le dossier de qualification	exactitude	interprétation des résultats d'essais	évolution de la définition non pertinente	9	3	9	M	cf E.3.1
fournir le prototype à la production et au marketing		disponibilité	dégradé par les essais	p.b. de reproductibilité industrielle et de communication commerciale	9	3	9	M	cf E.3.2	

Etape 5 : analyse des risques - actions correctives (extrait)

ACTIONS CORRECTIVES			
PROJET :	m.à.j. le :	rédigé par :	Tâches critiques majeures
B-MARLY	7-12-1994	RGa	
N°	description de l'action corrective sur la définition du projet		
A.1.1	Constitution d'un groupe d'experts sur le confort du siège. Etude ergonomique du fauteuil Dallas en maison de retraite.		
A.1.2	pas d'A.C.		
A.1.3	pas d'A.C.		
B.1.1	pas d'A.C.		
B.2.2	réalisation de maquettes pour tests		
B.2.3	réalisation de maquettes pour tests		
C.2.2	réalisation de maquettes pour tests		
D.2.1	Animation de l'équipe projet par un spécialiste de l'analyse fonctionnelle.		
D.2.2	Animation de l'équipe projet par un spécialiste de l'analyse fonctionnelle		
D.2.3	Animation de l'équipe projet par un spécialiste de l'analyse fonctionnelle		
D.2.4	Animation de l'équipe projet par un spécialiste de l'analyse fonctionnelle		
D.2.5	Animation de l'équipe projet par un spécialiste de l'analyse fonctionnelle réalisation d'un prototype		
D.3.1	pas d'A.C.		
D.3.2	pas d'A.C.		
D.3.3	pas d'A.C.		
E.1.1	pas d'A.C.		
E.1.2	pas d'A.C.		
E.1.3	pas d'A.C.		

E.2.1	pas d'A.C.
E.2.2	pas d'A.C.
E.3.1	pas d'A.C.
E.3.2	pas d'A.C.

ACTIONS CORRECTIVES			
PROJET :	m.à.j. le :	rédigé par :	Tâches critiques majeures
B-MARLY	7-12-1994	RGa	
A.1.4	interrogation de la Sté SVP sur les lois et normes applicables à notre produit		
A.2.1	pas d'A.C.		
A.2.2	pas d'A.C.		
A.2.3	pas d'A.C.		
A.3.1	pas d'A.C.		
A.3.2	pas d'A.C.		
B.2.1	séance de créativité		
B.3.1	pas d'A.C.		
C.1.1	pas d'A.C.		
C.1.2	pas d'A.C.		
C.1.3	pas d'A.C.		
C.2.1	pas d'A.C.		
C.2.3	pas d'A.C.		
C.3.1	pas d'A.C.		
D.1.1	pas d'A.C.		
D.1.2	pas d'A.C.		
D.1.3	pas d'A.C.		
D.1.4	pas d'A.C.		
D.2.6	pas d'A.C.		

Etape 6 : modification - choix du scénario

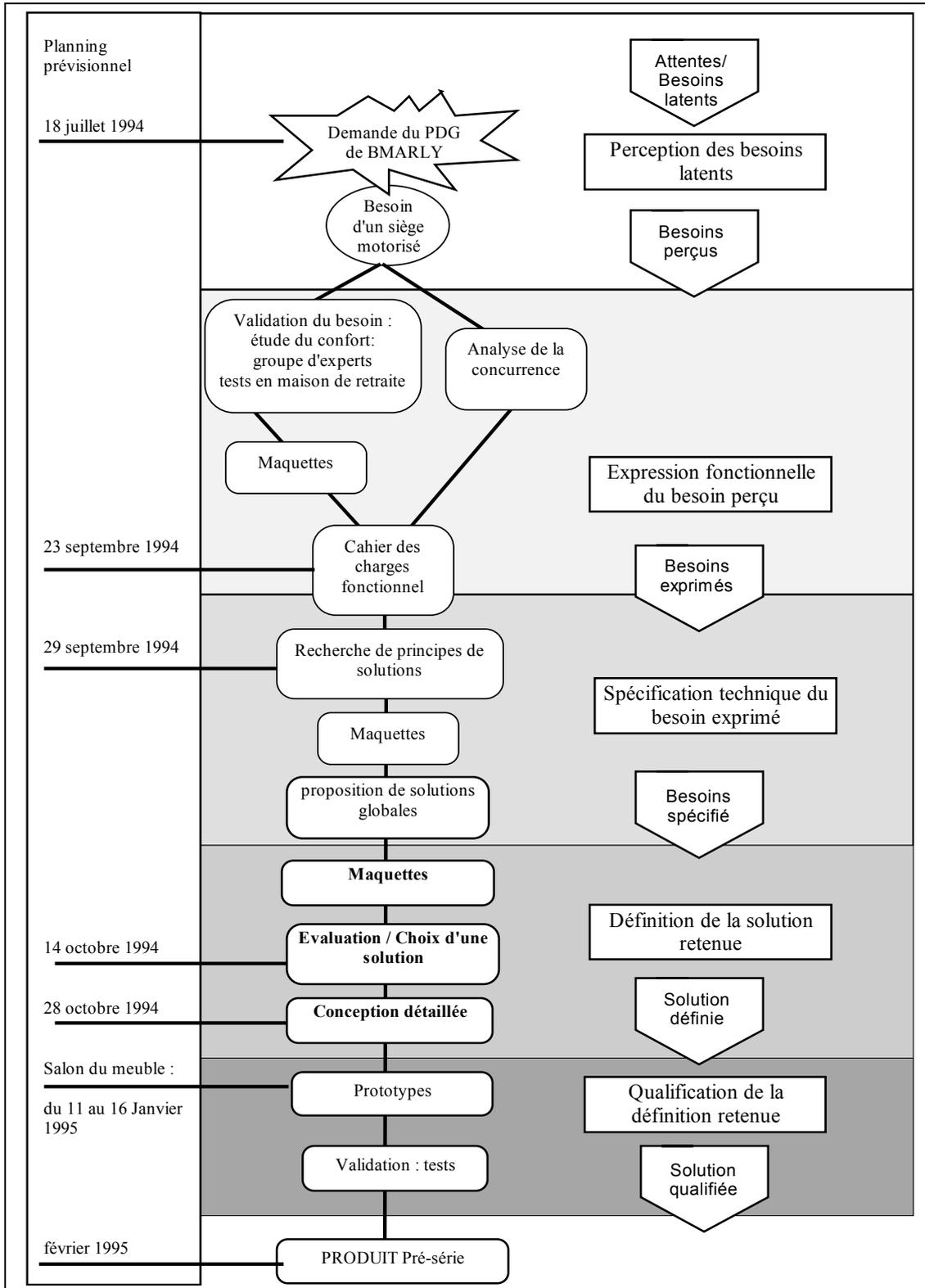


Figure 71 : modélisation après modification du projet B-MARLY : 25 juillet 1994

Scénario choisi :

- Utilisation du fauteuil existant Dallas avec un minimum de modifications, pour un coût maximum de 500 francs.
- Adapter des solutions de l'industrie automobile pour la mise en mouvement de fauteuils en vérifiant la liberté d'exploitation des solutions retenues puis en les brevetant si souhaitable.
- Réaliser des maquettes intermédiaires pour valider les analyses et les choix de solutions.

14.1.2. Démarche corrective des risques

1^{ère} étape : 1^{er} septembre - 7 décembre 1994

Objectifs

- motorisation du fauteuil Dallas

Suivi des risques projet

- Les tâches A.1.1 à C.2.1 et les actions correctives associées n'ont pas mis en évidence de modification des risques projet.
- Par contre, l'action corrective C.2.2 concernant la réalisation de 2 maquettes fonctionnelles de motorisation de la cinématique du fauteuil Dallas (12 V et 220 V) a mis en évidence deux problèmes pour le transfert des solutions du type siège automobile, à notre projet :
 - manque de fiabilité des solutions (contraintes d'utilisation et de montage différentes)
 - complexité de la solution (nombre de pièces, montage)

Décisions :

Suite à une présentation à des acheteurs (Mobilier de France), il est décidé d'adopter un principe de motorisation indépendante des 2 mouvements.

Fonction C.2.3. : Validation de certains éléments : vitesse, angles de confort, bruit et vibration, disposition des boutons de commande. Cette validation n'est pas complète. Elle s'avère plus difficile que prévue, et a des conséquences plus importantes qu'estimées a priori, pour la suite du projet. La criticité de cette fonction devient alors majeure. De plus, ces difficultés ont entraîné une dérive des délais.

Modification de l' A.M.D.E.C suite à une nouvelle évaluation de la criticité de C.2.3

FONCTIONS			Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pnd	C	Action corrective
STBE	TRT	association critère de valeur / performance des solutions	complétude	confidentialité des données fabricants	produit non conforme aux besoins	9	9	1	M	cf. C.2.3 bis

Dès lors il est décidé de modifier le projet par une action corrective majeure : la conception d'une solution spécifique est décidée, avec une recherche de partenariat avec des sous-traitants.

ACTIONS CORRECTIVES			
PROJET : B-MARLY	m.à.j. le : 7-12-1994	rédigé par : RGa	
N°	description de l'action corrective sur la définition du projet		
C.2.3 bis	veille technologique élargie recherche de sous-traitants conception d'une solution de motorisation spécifique		

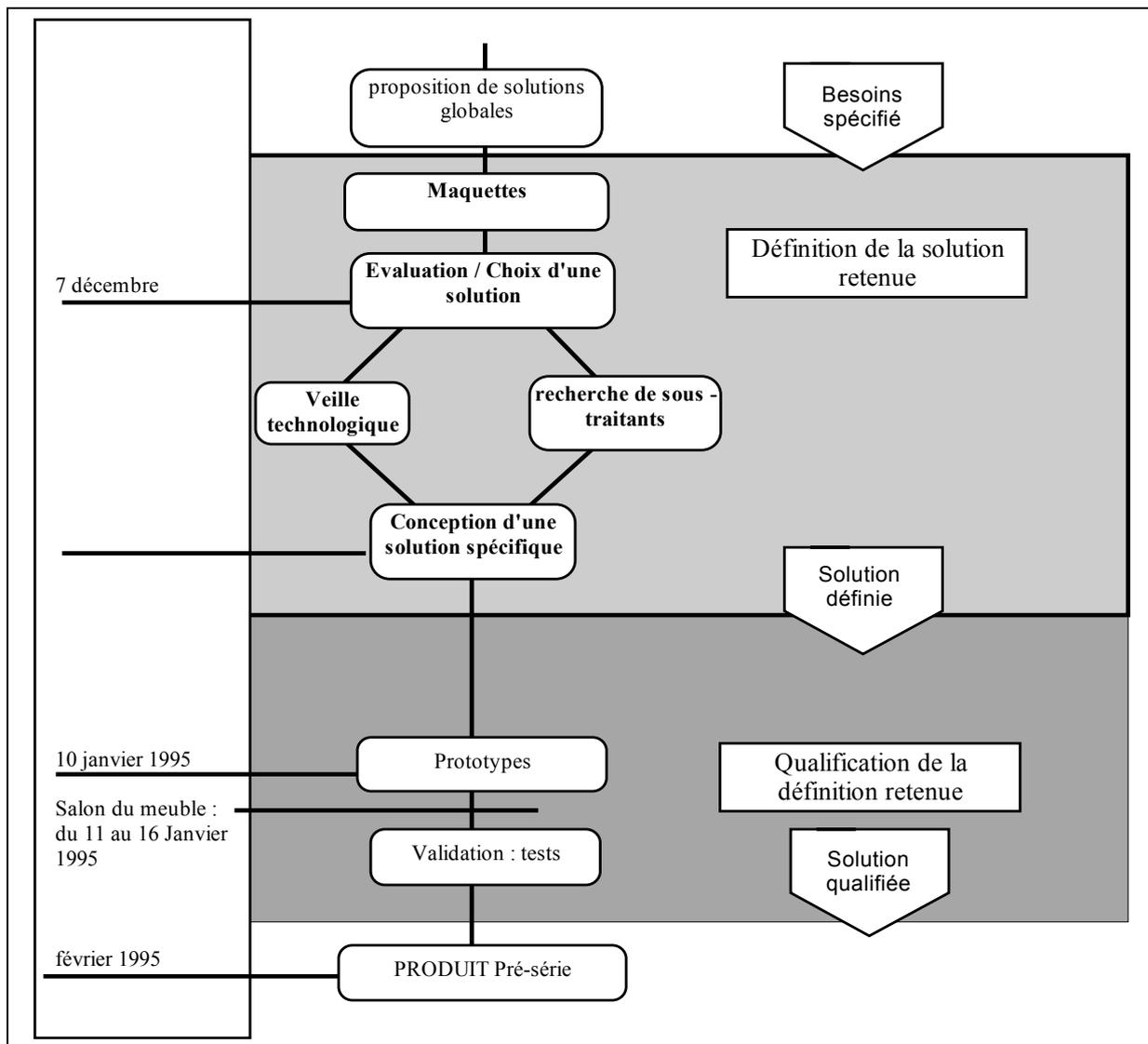


Figure 72 : modélisation du projet B-MARLY après actions correctives 1ère étape

Analyse fonctionnelle de la fonction : «DEFINITION DE LA SOLUTION RETENUE»

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir la « Spécification technique du besoin » * veille technologique * normes * informations sur la concurrence * recherche de sous-traitants 	<ul style="list-style-type: none"> * évaluer les solutions parmi les nouvelles technologies envisageables * choisir les solutions parmi les nouvelles technologies envisageables. * intégrer les solutions dans l'architecture existante * définir les fonctions techniques élémentaires * calculer les performances * dessiner la solution retenue * choix des sous traitants * faire évoluer la spécification technique du besoin en fonction des nouvelles technologies envisageables. 	<ul style="list-style-type: none"> * dossier de définition. * dossier justificatif de la solution. * spécification technique de besoin évoluée (V.2)

A.M.D.E.C. projet suite aux actions correctives (extrait) :

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action correctiv e	
DSR	RCL	recueillir la spécification technique de besoin	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	1	1	1	n.c.	cf.. D1.1 bis
		infos. sur la veille techno. : motorisation de mouvements	complétude	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. D.1.2 bis
		infos. sur les normes.	clarté	connaissance du domaine insuffisante	produit non homologable	9	3	1	m	cf. D.1.3 bis
DSR	RCL	infos. sur la concurrence	disponibilité	toutes les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. D.1.4 bis
		recherche de sous-traitants	complétude	diversité	solution non-optimum-performance produit	9	9	3	M	c.f. D.1.5

DSR	TRT	évaluation des solutions	complétude	faible nombre de critères pris en compte	performance du produit	9	3	9	M	cf. D.2.1 bis
		choisir les solutions	cohérence besoin/solutions	méthode d'analyse	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.2 bis
		intégrer les solutions dans l'architecture existante	cohérence solutions/performances	méthode	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.3 bis
		définir les fonctions techniques élémentaires	complétude	Analyse fonctionnelle incomplète	performance du produit	9	3	3	M	cf. D.2.4 bis
		calcul des performances	exactitude	méthode de calcul	performance du produit	9	3	3	M	cf. D.2.5 bis
		dessins de détail	complétude	contrôle insuffisant	reproductibilité non-satisfaisante : interprétation par la production	9	3	1	m	cf. D.2.6 bis
		choix du sous-traitant	cohérence	critères de valeurs	reproductibilité industrielle	9	3	3	M	cf. D.2.7
		évolution de la spécification technique du besoin	complétude	contrôle insuffisant	possibilités d'évolution de la définition	9	3	9	M	cf. D.2.8

ACTIONS CORRECTIVES			
PROJET : B-MARLY	m.à.j. le : 7-12-1994	rédigé par : RGa	
N°	description de l'action corrective sur la définition du projet		
D.1.1 bis	pas d'A.C.		
D.1.2 bis	pas d'A.C.		
D.1.3 bis	pas d'A.C.		
D.1.4 bis	pas d'A.C.		
D.1.5	pas d'A.C.		
D.2.1 bis	pas d'A.C.		
D.2.2 bis	pas d'A.C.		

D.2.3 bis	<i>remise en cause de l'architecture actuelle du fauteuil</i>
D.2.4 bis	pas d'A.C.
D.2.5 bis	pas d'A.C.
D.2.6 bis	pas d'A.C.
D.2.7	pas d'A.C.
D.2.8	pas d'A.C.

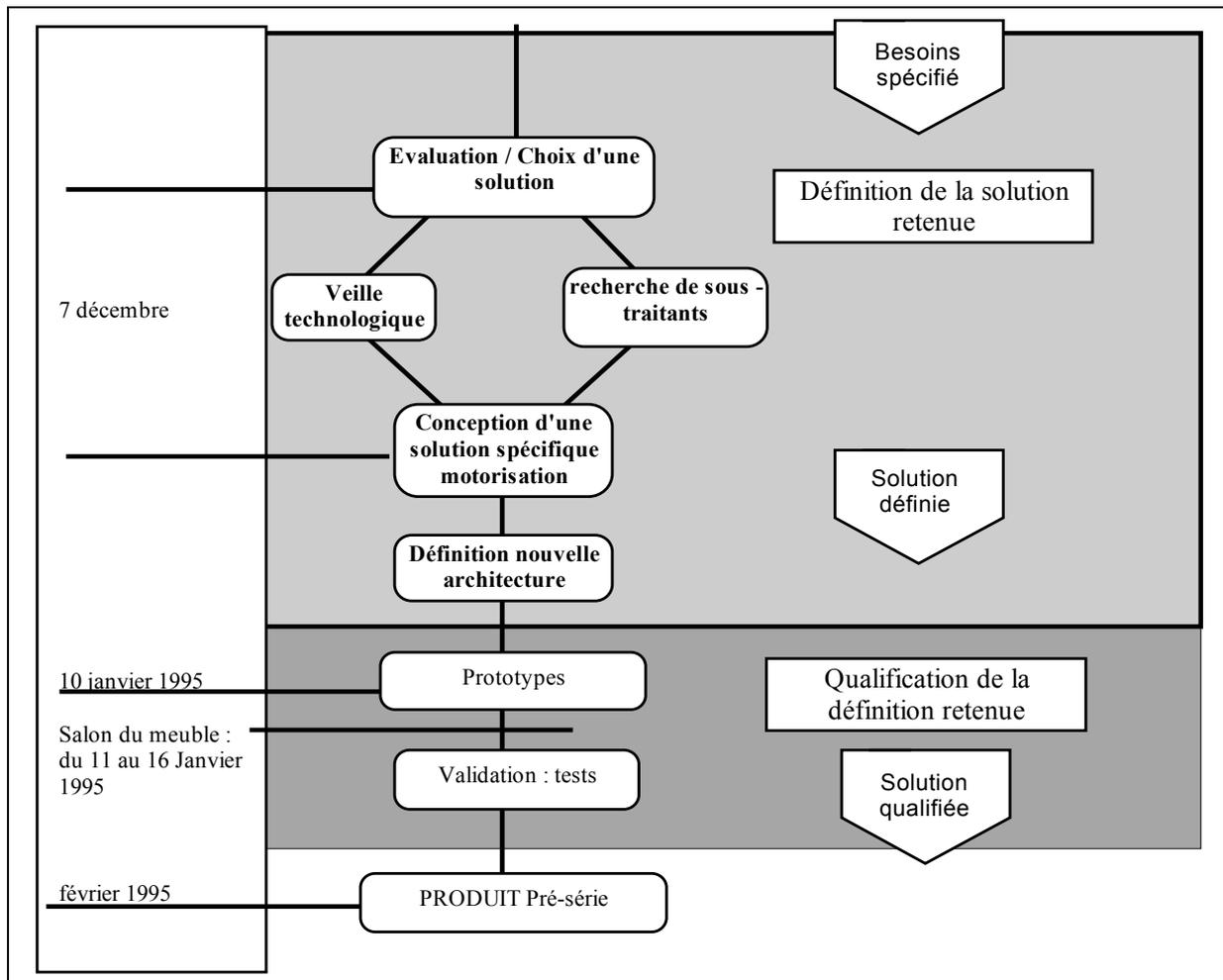


Figure 73 : modélisation du projet B-MARLY après actions correctives 2ème étape

Analyse fonctionnelle de la fonction : «DEFINITION DE LA SOLUTION RETENUE» après action corrective (extrait)

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
	* <i>définir nouvelle architecture</i>	

A.M.D.E.C projet suite aux actions correctives

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pnd	C	Action corrective	
DSR	TRT	définir une nouvelle architecture	créativité	méthode	performance du produit	9	3	9	M	cf. D.2.3 bis

Bilan de la 2ème étape : 8 décembre 1994 - 16 janvier 1995

Objectifs

- Motorisation indépendante des 2 mouvements pour un coût maximum de 900 francs.
- il est décidé, le 7 décembre 94, de maintenir le délai pour le salon du meuble en janvier 95.

Suivi des risques projet.

Fonctions D.1.2 bis à D.2.2 bis : pas de modification des risques projet.

Remarques

- Deux solutions de conception de la motorisation se sont succédées :
 - a - vérin standard pour l'ensemble "assise + dossier" et un moteur associé à une vis sans fin pour le repose-pieds (encombrement)
 - b - solution finale : 2 vérins identiques (coût) pour motoriser le fauteuil

fonction D.2.3 bis : La cinématique n'étant plus imposée, il a été possible de remettre en cause l'architecture (conception et dimensionnement de certains composants du fauteuil : traverse, ...)

Fonctions D.2.4 bis à D.2.6 bis : pas de modification des risques projet.

Résultats

- Préférence pour le choix de sous-ensembles vérins existant (fiabilité)
- Architecture de la solution fixée (prototype du Salon du Meuble)
- Dépôt d'un brevet sur le mécanisme de mise en mouvement du repose-pieds.
- Présentation de 2 prototypes au Salon International du Meuble de Paris (11 - 16 janvier 95 ; 500 fauteuils commandés suite au salon ; article dans la presse spécialisée saluant le fauteuil comme le "clou du salon")
- Recherche de sous-traitants (réalisation des pièces mécano-soudées).

3^{ème} étape : 17 janvier - 15 mars 1995

Objectifs

- Qualification - Industrialisation du fauteuil Ontario

Suivi des risques projet

Les difficultés de réalisation du prototype ont rapidement modifié l'évaluation de la fonction E.3.2. Le mode de défaillance n'étant plus un problème de disponibilité du prototype mais un problème d'appropriation des nouvelles compétences pour l'entreprise.

FONCTIONS			Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective
QD	TR M	E.3.2 : fournir le prototype à la production et au marketing	interprétation	compétence par rapport aux technologies nouvelles pour l'entreprise.	difficultés de reproductibilité industrielle et de communication commerciale	9	9	1	M	cf AC-E.3.2

ACTIONS CORRECTIVES			
PROJET : B-MARLY	m.à.j. le : 7-12-1994	rédigé par : RGa	
N°	description de l'action corrective sur la définition du projet		
E.3.2	embauche d'un ingénieur		

Décisions

Vérins électriques

- Négociations commerciales

Pièces mécano-soudées

- Choix des sous-traitants (négociations techniques et financières)
- Négociations commerciales (Coût des pièces mécano-soudées divisé par 3)

Résultats

Pré-série

- Optimisation de la conception : coût, facilité de montage

Production

- Optimisation de la conception vis-à-vis du montage
- Optimisation de la conception vis-à-vis des tolérances menuiserie

14.1.3. Conclusion du projet B-MARLY.

Ce projet constitue une application, certes modeste, de notre méthode, mais elle nous a permis d'en tester le caractère opérationnel. Nous avons pu constater la réticence, dans un premier temps, à envisager et de surcroît, à exposer de manière formalisée, les risques de dysfonctionnement d'un projet. De plus, la difficulté d'imaginer les conséquences de ces dysfonctionnements, en faisant appel à des expériences dont la transposition n'est pas toujours évidente, peut semer le doute sur l'efficacité et donc l'intérêt de la méthode. Mais passées ces premières difficultés d'appropriation de la méthode, nous avons pu constater que le fait d'interpeller les membres de l'équipe projet sur leur capacité à anticiper les risques et à gérer les effets de dysfonctionnements de leur système de management de l'information, les motivait à persévérer dans l'application de la méthode. Ce souci de vigilance par rapport aux risques, pendant toute la durée du projet, de sa conception à son déroulement, associé à l'utilisation de techniques conventionnelles de gestion de projet et de démarches d'assurance qualité a permis de développer un produit dans des conditions que l'entreprise n'osait envisager au départ. La confiance instaurée par l'utilisation combinée de ces techniques a permis de remettre totalement en cause les voies de développement envisagées de manière très restrictive, au départ. L'utilisation de solutions connues dans des applications de type automobile, sur une structure non modifiable d'un siège de relaxation existant, a laissé la place au développement réussi d'une solution spécifique, pour un siège à la structure totalement nouvelle.

14.2. Projet SRP : Simulateur Interactif de Gestion des Risques Projet

Ce projet est lancé en interne, dans le cadre du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM, dans la perspective de fournir un support informatique à la méthode A.D.I.P. que nous proposons. Il constitue un des prolongements de ce travail de recherche. N'étant actuellement qu'à l'étude, seule l'analyse prévisionnelle peut être présentée. Ce projet s'inscrit également dans la lignée du projet S.I.R. que nous avons exposé dans la deuxième partie de ce document.

14.2.1. Analyse prévisionnelle des risques

Etape 1 : définition du projet

Objectif stratégique:

Ce projet a pour objectif de développer un simulateur informatique original, multimédia, permettant de simuler de manière interactive, le processus de gestion de projet, sous l'angle de la gestion des risques de dysfonctionnement du processus de management de l'information.

Orientation de l'action

Le simulateur est destiné à la formation de chefs de projet débutants ou à l'entraînement de chefs de projet confirmés. Il sera développé par le Laboratoire Conception de Produits Nouveaux en collaboration avec des partenaires industriels.

Objectif de délais

Courant 1998.

Ressources matérielles et humaines

- Le laboratoire C.P.N., et les experts de son réseau.
- un groupement d'industriels du type GIR-SIR (à définir).

étape 2 : Analyse Préliminaire des risques

Eléments dangereux		Situations dangereuses	Effets
Expérience de projets similaires		Faible ou non-formalisée : le GIR-SIR	Prévision et détection des risques difficiles.
Objectifs du projet		Clairs mais pouvant évoluer en fonction des intérêts des partenaires techniques et financiers.	Mauvaise définition des tâches à exécuter.
Cohérence des ressources/objectifs	Ressources humaines	Faible (équipe nouvelle à constituer - appel à la sous-traitance pour les développements informatiques ; création d'un groupement d'experts pour constituer les bases de données sur la gestion de projets et les risques).	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés de circulation de l'information. - Partage des responsabilités. - Méthodes de travail différentes
	Ressources matérielles	Moyenne (choix d'une technologie multimédia sur micro-informatique en forte évolution).	Evolution probables des spécifications
	Ressources financières	Non définies pour la durée totale du projet :	Ralentissement du projet / interruption entraînant : <ul style="list-style-type: none"> - des pertes d'informations - l'obsolescence d'informations
	Délais	Flexibilité importante : pas de pression commerciale stimulante (environ deux années scolaires)	
Disponibilité des informations		Faible - diffuse : grande diversité des sources d'informations mais difficiles d'accès : sujet sensible et données confidentielles.	Non exhaustivité des informations

Les conditions de lancement de ce projet cumulent des risques suffisamment importants pour remettre en cause sa réussite et justifier une analyse plus approfondie des risques.

Etape 3 : Modélisation du projet

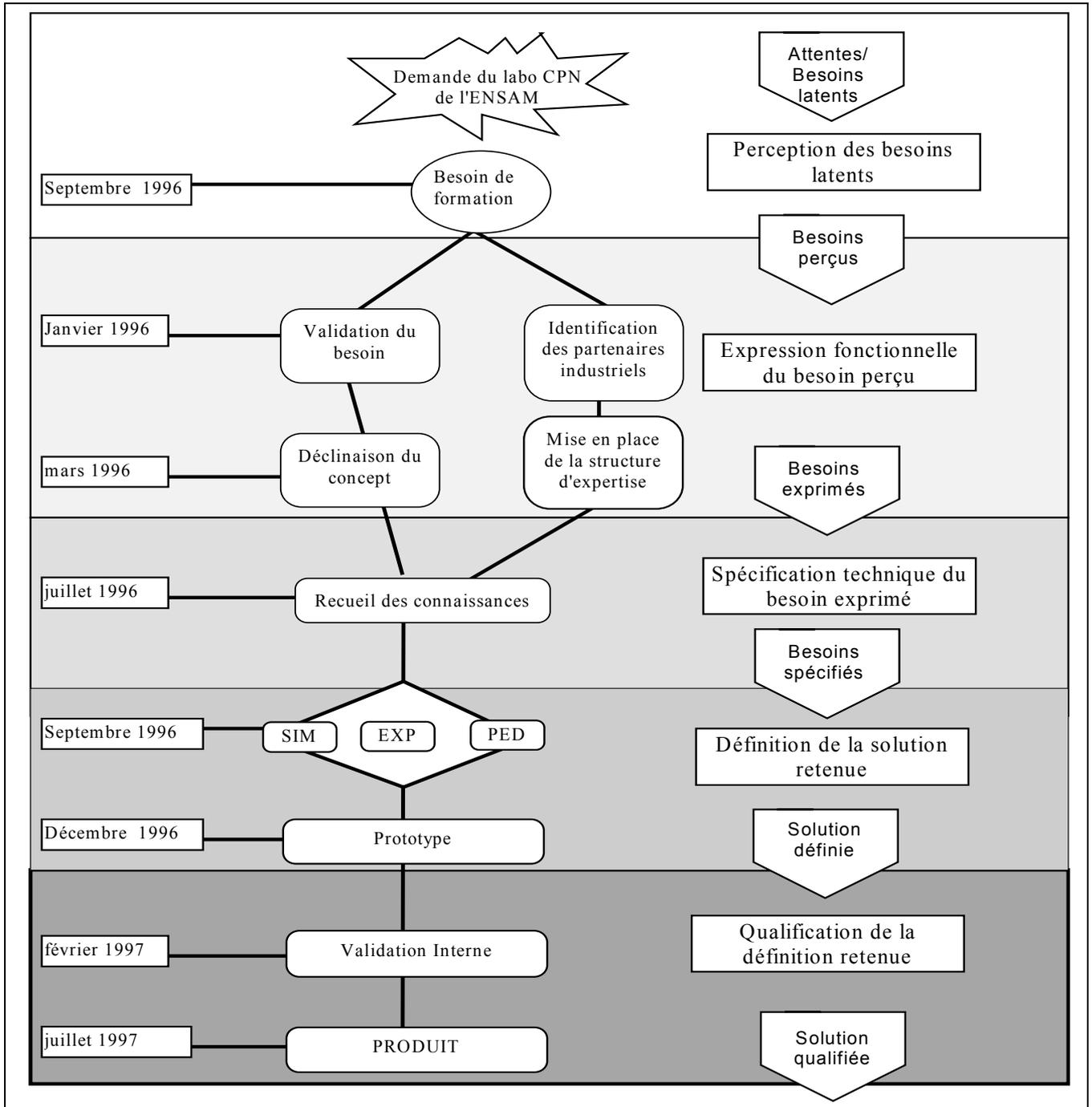


Figure 74 : Modélisation du projet SRP

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « PERCEPTION DU BESOIN LATENT »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * constituer un groupe d'experts en gestion de projet. * surveiller la concurrence directe/indirecte. * surveiller l'évolution du métier de chef de projet * consulter les associations professionnelles (du type AFITEP), les organismes de formation, les industriels de secteurs innovants. 	<ul style="list-style-type: none"> * percevoir les besoins latents des clients, susceptibles de faire l'objet d'une offre de produit de la part de l'ENSAM : recueillir les avis d'experts. * définir le secteur du marché de la formation des chefs de projet. * caractériser les performances/critères de valeur/d'appréciation attendus d'une offre produit : <ul style="list-style-type: none"> - conditions d'environnement et d'utilisation. - fiabilité. - caractéristiques sensorielles : style, couleurs. - configurations informatiques d'installation. - normes et texte réglementaires applicables. - conditionnement. * évaluer la concurrence : au niveau des produits (technique, coût...)et des entreprises (taille, position ressources, stratégie...). 	<ul style="list-style-type: none"> * cahier des charges Marketing * dossier technique sur les solutions concurrentes

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN PERÇU »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir le cahier des charges Marketing. 	<ul style="list-style-type: none"> * traduire la perception du « besoin client » par les experts en termes fonctionnels : <ul style="list-style-type: none"> - exprimer les fonctions de service et les contraintes d'un simulateur de gestion des risques projet, - associer à ces fonctions et contraintes les critères d'appréciation, leur niveau et leur flexibilité. * valider le besoin : qu'est-ce qui peut faire évoluer le besoin? (analyse fonctionnelle externe) 	<ul style="list-style-type: none"> * cahier des charges fonctionnel.

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : « SPECIFICATION TECHNIQUE DU BESOIN EXPRIME »

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir le cahier des charges fonctionnel * informations sur la veille technologique * informations sur la concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> * recueillir les connaissances : constituer une base de connaissance sur les risques projet. * exprimer les fonctions de besoin en fonctions techniques * rechercher les principes fondamentaux permettant de répondre à ces fonctions techniques * associer aux critères de valeurs des fonctions les performances caractéristiques des principes envisagés 	<ul style="list-style-type: none"> * base de connaissance sur les risques projet. * « Spécification technique du besoin »

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : «DEFINITION DE LA SOLUTION RETENUE»

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * base de connaissance sur les risques projet. * recueillir la « Spécification technique du besoin » * veille technologique * normes * informations sur la concurrence 	<ul style="list-style-type: none"> * rechercher les solutions alternatives associées aux principes retenus dans la spécification technique du besoin * évaluer les solutions * choisir les solutions * définir l'architecture élémentaire du produit * définir les fonctions techniques élémentaires * définir les solutions répondant aux fonctions techniques élémentaires * calculer les performances 	<ul style="list-style-type: none"> * dossier de définition. * dossier justificatif de la solution. * procédure de qualification

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : «QUALIFICATION DE LA DEFINITION»

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * recueillir la spécification technique de besoin * recueillir les dossiers de définition et justificatif de la définition * procédure de qualification 	<ul style="list-style-type: none"> * réaliser un prototype * évaluer les performances, la fiabilité et la maintenabilité dans les conditions prévues dans la Spécification technique de besoin (fonctionnement dans des conditions normales et anormales). 	<ul style="list-style-type: none"> * dossier de qualification * prototype

Etape 4 : A.M.D.E.C. du projet SRP (extrait)

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
P.B.L	RCL	constituer groupe d'experts	disponibilité	intérêt pour le projet/ interlocuteurs non représentatifs	ambiguïté sur les besoins	9	3	1	M	cf. A.1.1
	RCL	analyse de la concurrence	complétude	veille non systématique	produit non concurrentiel	9	3	3	M	cf. A.1.2
	RCL	évolution du métier chef de projet	informations non fiables	évolution des besoins des partenaires	besoins difficiles à valider	3	3	1	m	cf. A.1.3
	RCL	consulter les associations professionnelles	disponibilité	intérêt pour le projet	p.b. de validation du besoin	9	1	3		cf. A.1.4
P.B.L	TRT	expression des besoins latents	raisonnement en terme de solutions	méthode d'analyse	produit trop ciblé	3	3	1	M	cf. A.2.1

		définition du secteur du marché	fiabilité des données	évolution en fonction du temps	produit mal ciblé	9	3	3	M	cf. A.2.2
		caractériser les performances / critères de valeur	clarté	p.b. de langage commun	performance du produit	3	1	3		cf. A.2.3
		évaluer la concurrence	complétude	méthode d'analyse	produit non concurrentiel	9	3	3		cf. A.2.4
	TRM.	rédiger le cahier des charges marketing	clarté	p.b. de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	3		cf. A.3.1
		rédiger dossier technique / solutions concurrentes	clarté	problème de langage commun	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. A.3.2

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
E.F.	RCL	recueillir le cahier des charges Marketing	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	9	9	1	M	cf. B.1.1
	TRT	exprimer fonctions de service - les contraintes	exactitude : raisonnement en terme de solution	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. B.2.1
		définir critères de valeur-niveau-flexibilité	fiabilité des données	données pouvant évoluer en fonction des solutions	performance du produit	3	3	3	M	cf. B.2.2
		valider le besoin/évolutions	fiabilité de la méthode	formulation d'hypothèse	produit mal adapté	9	3	3	M	cf. B.2.3
B.P.	TRM.	rédiger le cahier des charges fonctionnel	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. B.3.1

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
STBE	RCL	recueillir le cahier des charges fonctionnel	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	3	9	1	m	cf. C.1.1.
		infos. sur la veille techno : motorisation sièges auto.	fiabilité des données	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. C.1.2
		infos. sur la concurrence	disponibilité	toutes les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. C.1.3
			recueillir les connaissances	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m

	TRT	exprimer les fonction de besoin en fonctions techniques	cohérence	méthode d'analyse	performance du produit	3	3	3	M	cf. C.2.2
		recherche des principes fondamentaux de réponse aux fonctions techniques	complétude	méthode d'analyse	performance du produit	9	3	3		cf. C.2.3
		association critères de valeur/performance des solutions	complétude	méthode d'analyse	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. C.2.4
	TRM	constituer la base de connaissance sur les risques projet	complétude	méthode d'analyse	performance du produit	9	3	1		cf. C.3.1
		rédiger la spécification technique de besoin	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	3	3	1	m	cf. C.3.2

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
RCL	base de connaissance sur les risques projet	disponibilité	délais de rédaction	performance produit	9	3	1		cf. D.1.1	
	recueillir la spécification technique de besoin	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	3	9	1	m	cf. D.1.2	
	infos. sur la veille techno :	complétude	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. D.1.3	
	infos. sur les normes.	clarté	connaissance du domaine insuffisante	produit non homologable	9	1	1	m	cf. D.1.4	
	infos. sur la concurrence	disponibilité	tous les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. D.1.5	
DSR	TRT	recherche de solutions	complétude	manque de méthode de créativité	produit non concurrentiel	9	1	1		cf. D.2.1
		évaluation des solutions	fiabilité	faible nombre de critères pris en compte	remise en cause des principes retenus	9	3	9	M	cf. D.2.2
		choisir les solutions	cohérence besoin/solution	méthode d'analyse	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.3
		définir l'architecture	clarté	méthode	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.4

	définir les fonctions techniques élémentaires	complétude	Analyse fonctionnelle incomplète	performance du produit	9	3	3	M	cf. D.2.5
	associer solutions/ fonctions techniques élémentaires	cohérence solution/performances	méthode	performance du produit					cf. D.2.6
	calcul des performances	exactitude	méthode de calcul	performance du produit	9	9	3	M	cf. D.2.7
TRM	rédiger le dossier de définition	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	9	M	cf. D.3.1
	rédiger le dossier justificatif de la solution	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	9	M	cf. D.3.2
	rédiger la procédure de qualification	clarté	problème de langage commun	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf. D.3.3

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pnd	C	Action corrective	
QD	RCL	recueillir la spécification technique de besoin	disponibilité	délais de rédaction	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf.E.1.1
		recueillir les dossiers de définition et justificatif de la définition	disponibilité	délais de rédaction	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.1.2
		recueillir la procédure de qualification	disponibilité	délais de rédaction	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.1.3
	TRT	réaliser un prototype	représentativité de la définition	mode de réalisation	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.2.1
		évaluation des performances	complétude	représentativité des contraintes	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf E.2.2
	TRM	rédiger le dossier de qualification	exactitude	interprétation des résultats d'essais	évolution de la définition non pertinente	9	3	9	M	cf E.3.1
fournir le prototype au service de développement informatique et au marketing		compatibilités informatiques	évolutions informatiques - modularité	difficultés de développement informatiques et de communication commerciale	9	3	9	M	cf E.3.2	

Etape 5 : analyse des risques - actions correctives

Compte tenu des difficultés éventuelles, mises en évidence par la fonction D.2.7, de validation des performances du produit par rapport aux besoins perçus, il est décidé de modifier le projet par une action corrective majeure, consistant à réaliser une maquette, et à enrichir la base de connaissance par une deuxième phase de recueil des connaissances auprès du groupe d'experts.

ACTIONS CORRECTIVES			
PROJET : B-MARLY	m.à.j. le : 7-12-1994	rédigé par : RGa	Tâches critiques majeures
N°	description de l'action corrective sur la définition du projet		
D.2.7	réalisation d'une maquette réalisation d'une seconde phase de recueil pour validation de la base de connaissance		

Analyse Fonctionnelle de la Fonction : «DEFINITION DE LA SOLUTION RETENUE» après action corrective

Recueil de l'information	Traitement de l'information	Transmission de l'information
<ul style="list-style-type: none"> * base de connaissance sur les risques projet. * recueillir la « Spécification technique du besoin » * veille technologique * normes * informations sur la concurrence <p><i>* Seconde phase de recueil des connaissances</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> * rechercher les solutions alternatives associées aux principes retenus dans la spécification technique du besoin * évaluer les solutions * choisir les solutions * définir l'architecture élémentaire du produit * définir les fonctions techniques élémentaires * définir les solutions répondant aux fonctions techniques élémentaires <p><i>* réalisation d'une maquette de faisabilité</i></p> <p><i>* tester les performances sur la maquette de faisabilité</i></p> <p><i>* validation de la base de connaissances</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> * dossier de définition. * dossier justificatif de la solution. <p><i>* 2^{ème} base de connaissances.</i></p> <p><i>* maquette de faisabilité</i></p>

A.M.D.E.C. après actions correctives.

FONCTIONS		Modes de défaillance des fonctions élémentaires	causes des défaillances	Effets des défaillances	G	Pa	Pn d	C	Action corrective	
DSR	RCL	base de connaissance sur les risques projet	disponibilité	délais de rédaction	performance produit	9	3	1		cf. D.1.1
		recueillir la spécification technique de besoin	disponibilité	délais de rédaction	ambiguïté sur les besoins	3	9	1	m	cf. D.1.2
		infos. sur la veille techno :	complétude	méthode d'analyse	créativité/originalité du produit	3	3	1	m	cf. D.1.3
		infos. sur les normes.	clarté	connaissance du domaine insuffisante	produit non homologable	9	1	1	m	cf. D.1.4
		infos. sur la concurrence	disponibilité	tous les produits de la concurrence ne sont pas en catalogue	produit non concurrentiel	3	3	1	m	cf. D.1.5
		<i>seconde phase de recueil des connaissances</i>	<i>complétude</i>	<i>disponibilité des experts</i>	<i>performances du produit</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>m</i>	
	TRT	recherche de solutions	complétude	manque de méthode de créativité	produit non concurrentiel	9	1	1		cf. D.2.1
		évaluation des solutions	fiabilité	faible nombre de critères pris en compte	remise en cause des principes retenus	9	3	9	M	cf. D.2.2
		choisir les solutions	cohérence besoin/solution	méthode d'analyse	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.3
		définir l'architecture	clarté	méthode	performance du produit	3	3	3	M	cf. D.2.4
		définir les fonctions techniques élémentaires	complétude	Analyse fonctionnelle incomplète	performance du produit	9	3	3	M	cf. D.2.5
		associer solutions/ fonctions techniques élémentaires	cohérence solution/performances	méthode	performance du produit	9	3	1		cf. D.2.6
		<i>réalisation d'une maquette de faisabilité</i>	<i>représentativité</i>	<i>moyens de réalisation non représentatifs</i>	<i>validation des performances</i>	<i>9</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>m</i>	
		<i>test des performances sur la maquette de faisabilité</i>	<i>exactitude</i>	<i>méthode de calcul</i>	<i>performance du produit</i>	<i>9</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>m</i>	
	TRM	rédiger le dossier de définition	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	9	M	cf. D.3.1
		rédiger le dossier justificatif de la solution	clarté	problème de langage commun	produit non conforme aux besoins	9	3	9	M	cf. D.3.2
		rédiger la procédure de qualification	clarté	problème de langage commun	contrôle de la conception non pertinent	9	3	9	M	cf. D.3.3
		<i>2^{ème} base de connaissance</i>	<i>complétude</i>	<i>disponibilité</i>	<i>performance du produit</i>	<i>9</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>m</i>	
		<i>maquette</i>	<i>disponibilité</i>	<i>mode de programmation</i>	<i>évolution de la définition</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>m</i>	

Etape 6 : choix d'un scénario

Le scénario qui consiste à développer une phase maquette, pour validation des concepts et des performances, est retenu. Ce scénario engendre un glissement des délais d'environ trois mois, qui reste compatible avec les objectifs de réaliser le projet sur deux années scolaires

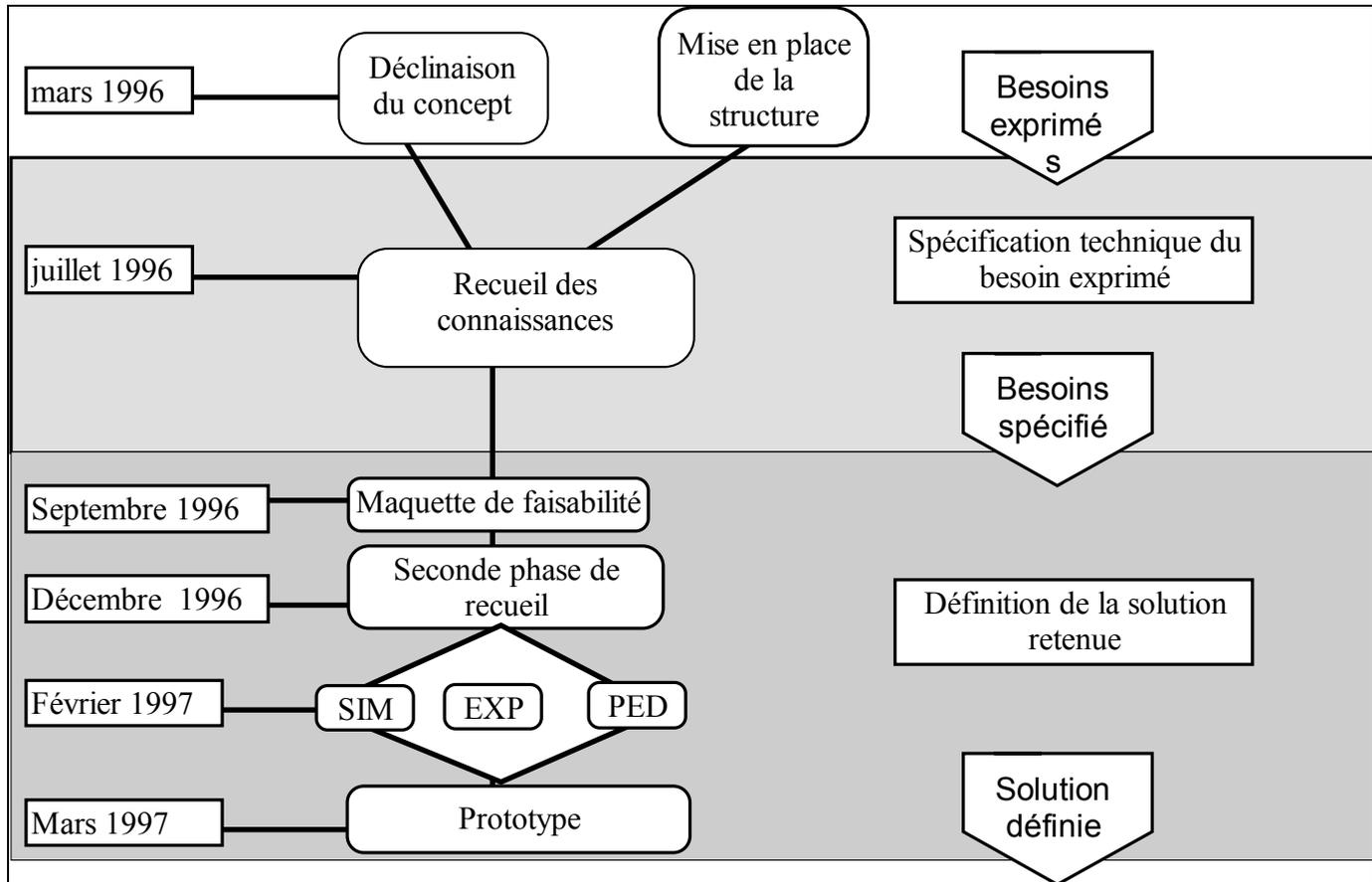


Figure 75 : modification du scénario du projet SRP après analyse de risque

14.2.2. Conclusion sur le projet SRP

L'analyse de risque sur ce projet n'est qu'une première ébauche dans la mesure où l'équipe projet n'était pas encore totalement constituée lorsque cette analyse a été réalisée. Elle pourra servir de base de travail pour cette équipe, mais devra cependant être reprise dans son intégralité pour profiter de l'effet de cohésion que devrait apporter la méthode au groupe de travail. On peut retenir cependant de cette première analyse, que la phase intermédiaire de maquettage est souhaitable, même si elle se fait au détriment du délai. En effet, le risque de ne pas aboutir à une définition satisfaisante du produit est majeur si on réalise le prototype de qualification, directement après la constitution de la première base de connaissance.

15. CONCLUSION SUR LA "METHODE DE GESTION DES RISQUES PROJET"

PROPOSEE

La méthode de gestion des risques projet que nous proposons est une réponse partielle au problème posé aux chefs de projet en terme de qualité de gestion de projet : donner confiance a priori, faire bien du premier coup, capitaliser le savoir faire en vue d'une utilisation par retour d'expérience. En tant que telle, cette méthode ne prétend être ni complète ni exhaustive. De plus, elle ne doit être considérée que comme un complément aux techniques de gestion de projet. En effet, elle ne s'intéresse pas à la gestion des risques de non-respect des coûts et des délais, mais aux risques de ne pas aboutir à la définition d'un produit de qualité, par une mauvaise définition des tâches de management de l'information dans un projet. Les éléments exposés dans ce document n'ont pas pour objectif de constituer un manuel utilisateur, mais plus modestement, d'aider à la compréhension des concepts que nous avons élaborés. Le projet que nous avons de développer un Simulateur Interactif de Gestion des Risques Projet est une réponse à ce besoin de rendre la méthode opérationnelle.

La méthode présente un caractère essentiellement qualitatif, basé sur l'avis, souvent subjectifs, d'experts. Elle met en oeuvre des techniques de modélisation, d'analyse et d'exploitation volontairement simples. Il n'est pas certain en effet qu'une méthode complexe apporte un gain substantiel sur la visibilité de l'évolution des risques projet. Il est pratiquement certain, par contre, qu'une méthode trop lourde d'utilisation est rapidement vouée à l'abandon, les chefs de projet et leurs équipes étant en général peu disponibles. Elle n'a pas pour objectif de donner une garantie, forcément illusoire, de maîtrise de tous les risques d'un projet. Par contre, elle permet de fédérer une équipe projet autour de la gestion des risques d'un projet, et plus particulièrement ceux dus à la circulation de l'information. La méthode inscrit l'équipe projet dans une dynamique d'amélioration continue, dans un esprit de qualité de management des projets.

15.1. Champ d'application

Le champ d'application de notre méthode est celui de la conception de produits industriels nouveaux. Les étapes de cette procédure prises en compte par cette procédure vont de la perception d'un besoin latent à la qualification de la définition du produit. Notre méthode n'explore pas, telle qu'exposée dans ce travail, les phases d'industrialisation et de fabrication. Cependant, ces phases ne présentent pas, a priori, et à défaut d'une analyse plus approfondie, de caractéristiques fondamentalement incompatibles avec l'application, après adaptation, de

cette méthode. Par contre, cette méthode n'a pas été pensée dans la perspective d'être une aide à la décision pour le lancement d'un projet. Les éléments pris en compte pour une telle décision n'étant pas sous la responsabilité directe du chef de projet, en tant que tel. L'aide à la décision qu'elle apporte se situe dans la manière de construire le projet au départ, et d'en suivre la réalisation par la suite. Enfin elle ne s'intéresse qu'à un seul projet à la fois, et n'est donc pas utilisable par des directeurs de projet, pour superviser plusieurs projets à la fois qui auraient des relations d'interférence de risques.

15.2. Apport de la méthode

Les apports de la méthode sont essentiellement d'ordre pratique : en tant que démarche préventive, puis corrective, et également en tant qu'outil de communication. A ce titre, elle participe à la qualité d'un projet.

15.2.1. Démarche préventive et corrective

La méthode proposée est, dans un premier temps, préventive, en s'attachant essentiellement à réduire les causes de dysfonctionnement du processus de conception. Puis elle accompagne le projet jusqu'à la Qualification du produit, en cherchant à réduire les conséquences de ces dysfonctionnements. Elle apporte alors de la réactivité face aux événements.

L'analyse de risque se fait à deux niveaux :

- au niveau de la prise en compte, dans le modèle de représentation du projet, des fonctions pertinentes,
- au niveau des possibilités de dysfonctionnement de ces fonctions.

15.2.2. Outil de communication

La méthode proposée peut être utilisée comme technique d'auto-évaluation du projet par le chef de projet. Mais elle peut également être utilisée pour permettre au chef de projet et aux responsables R&D, Marketing, Production etc., de communiquer ensemble sur les aspects critiques de la définition d'un projet. L'intérêt d'une telle utilisation, est de faciliter et d'accélérer les possibilités d'évaluation des risques induits par l'organisation d'un projet. Il s'agit donc d'un outil d'évaluation et de communication facilitant cette évaluation.

15.2.3. Participation à la démarche Qualité

La qualité d'un projet de Conception de Produits Nouveaux et de sa gestion par le chef de projet doit pouvoir s'apprécier autrement que par la réussite de l'industrialisation et la réussite commerciale du produit. Beaucoup de facteurs peuvent mettre en cause le travail réalisé, sans que cela puisse être reproché au chef de projet. Une telle méthode, qui permet de garder la

trace des décisions prises et de leurs justifications, s'inscrit dans les principes du management de la qualité. Elle constitue une aide au chef de projet pour l'analyse des risques mais lui laisse toute sa liberté d'action et de créativité dans la conduite du projet.

15.3. Limites de la méthode

Les limites actuelles de la méthode sont liées à ce qu'elle associe à la fois un aspect procédurier à des jugements subjectifs. Ceci implique un type de management de projet formalisé, une sensibilité au principe du management de la qualité, et impose un travail d'enregistrement des événements. Ce travail s'ajoute au travail quotidien, sans apporter dans l'immédiat, de gain tangible pour le projet. Elle met en oeuvre, de plus, des techniques telles que l'Analyse Préliminaire des risques, et l'A.M.D.E.C qui ne couvrent pas tous les aspects de la gestion des risques, en particulier, la combinaison des défaillances. La volonté de simplicité de la méthode, associée à un traitement sous forme papier, ne permet pas d'envisager de traiter, sans lourdeur, un grand nombre de risques. Le projet de Simulateur Interactif de Gestion des Risques Projet présenté comme cas d'application de l'A.D.I.P. constitue une solution envisagée pour répondre à ce problème.

15.3.1. Limites liées au type de management de projet

La méthode s'applique d'autant mieux que le processus est bien modélisé et formalisé de manière détaillée et exhaustive.

La démarche s'applique difficilement dans les entreprises où le processus de Conception de Produits Nouveaux privilégie la circulation d'informations sur le mode informel plutôt que sur le mode contractuel, formalisé.

15.3.2. Limites liées au niveau d'expertise des évaluateurs, dans le cadre d'un travail de groupe

L'évaluateur du projet peut être le chef de projet mais aussi, un responsable hiérarchique, tel que le responsable R&D, voire un comité de pilotage comprenant différents responsables R&D, Qualité, Production, Financier etc..

Le niveau de détail de l'A.D.I.P. doit être défini en prenant en compte le niveau d'expertise du chef de projet et de l'évaluateur. En effet, l'évaluation des risques de dysfonctionnements d'un projet, et de leurs conséquences, peut être induite par certaines hypothèses de diagnostic sur le niveau d'expertise du chef de projet et des autres évaluateurs [FALZON (1987)]⁶⁸.

L'A.D.I.P. est essentiellement une méthode de travail en groupe et suppose donc qu'une telle culture existe dans l'entreprise.

15.3.3. Limites liées aux concepts d'A.P.R. et d'A.M.D.E.C.

L'A.D.I.P. met en oeuvre des techniques telles que l'Analyse Préliminaire des risques, et l'A.M.D.E.C. L'avantage d'une telle utilisation est que ces techniques sont de plus en plus connues et utilisées. Mais elles ne couvrent pas tous les aspects de la gestion des risques, en particulier, la combinaison des causes de défaillances. Ceci constitue une limitation importante pour l'efficacité de notre méthode. En effet, deux causes de défaillance, sans conséquence notable prises isolément, peuvent avoir des conséquences importantes si elles se combinent. L'utilisation de la méthode des arbres de défaillance pourrait être une réponse à ce problème sous réserve d'en faire une adaptation. Cette adaptation doit se faire dans un souci de simplicité, pour ne pas alourdir la méthode globale, et provoquer son rejet par ceux à qui elle est destinée. Ce travail constitue une des prolongations possibles de notre recherche.

15.3.4. Limites liées à une approche empirique

La cotation de la criticité des fonctions, basée sur l'intuition et l'expérience, doit limiter l'intérêt porté par les utilisateurs, aux chiffres de l'A.M.D.E.C. Projet. L'efficacité de la méthode réside plus dans la dynamique qu'elle génère autour de la réflexion sur les risques projet, que dans le calcul des criticités. Les valeurs quantifiées ne sont que le reflet très subjectif de la confiance qu'a le chef de projet et son équipe dans la manière de traiter et faire circuler les informations nécessaires à la réussite du projet. Cette analyse présente par contre l'intérêt de ne pas traiter tous les problèmes de manière homogène et de dégager les tâches sur lesquelles il apparaît utile de mettre en place des actions préventives. Enfin, il est permis

⁶⁸ (FALZON (1987)) a mis en évidence ce phénomène, par exemple, dans des activités de diagnostic, faites par des experts auprès d'interlocuteurs ayant des problèmes de mise en oeuvre de matériels informatiques. L'expert suppose qu'il s'agit d'un problème simple et connu, ou au contraire complexe, selon qu'il estime, après évaluation du niveau de connaissance de l'interlocuteur, que celui-ci est peu ou très compétent.

d'espérer que la capitalisation d'expériences sur des projets de Conception de Produits Nouveaux permettra de fonder la cotation des criticités sur des faits de plus en plus tangibles.

15.3.5. Importance du dossier d'accompagnement

Les fiches d'A.M.D.E.C ne sont pas suffisantes. Elles permettent d'avoir un document de synthèse aidant à la communication entre le chef de projet et le responsable R&D de l'entreprise, sur l'évaluation des risques et la détermination des points critiques d'un projet. Mais dans la perspective d'un suivi du projet puis de la capitalisation de l'expérience acquise, il nous apparaît indispensable de conserver une trace :

- Des différents scénarios envisagés pour le projet, et des raisons du choix d'un des scénarios de projet.
- Des criticités mises en évidence pour chacun de ces scénarios.
- Des actions correctives mise en place, et de leur efficacité.

Cet ensemble d'éléments doit faire l'objet d'un dossier d'accompagnement des A.M.D.E.C.. Ce dossier doit être utilisable en cours d'évaluation du projet pour en modifier l'organisation, si besoin est, puis archivé en tant que base de données utilisable en retour d'expérience pour les projets futurs.

15.3.6. Lourdeur d'un traitement manuel sous forme papier

La quantité d'informations à traiter est grande. Le processus d'analyse procède de nombreuses itérations. La combinaison de ces deux facteurs fait penser à la nécessité de recourir à une assistance informatique pour rendre la méthode plus opérationnelle. Ceci sous réserve de garder une grande transparence sur la manière dont les criticités ont été cotées : l'informatique ne doit pas participer à donner l'illusion que la méthode est déterministe et peut se substituer au jugement du chef de projet. Elle ne fait que le stimuler dans son analyse et constitue un guide pour le raisonnement et la prise de décision.

16. PERSPECTIVES DE RECHERCHES

Les perspectives de cette recherche sont nombreuses. Elles portent à la fois sur le renforcement des concepts et l'amélioration du caractère opérationnel de la méthode.

Au niveau des concepts :

La prise en compte des combinaisons de causes de défaillances est une des faiblesses de notre méthode et doit faire l'objet d'une recherche.

Le lien avec la gestion des ressources et des délais doit être établi pour couvrir toutes les dimensions des risques projet dont un chef de projet a la responsabilité.

Au niveau de l'opérationnalité de la méthode :

La validation de la méthode sur un plus grand nombre de projets, dans des contextes variés, est une nécessité évidente. Ce travail va être réalisé dans le cadre des activités industrielles du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM. Il est également nécessaire d'enrichir la liste des modes de défaillances de manière à fournir aux utilisateurs de la méthode, des check-lists, comme cela se fait pour des A.M.D.E.C. produit ou process. L'informatisation de la méthode est une voie importante pour en rendre son utilisation plus efficace. Un objectif possible serait de disposer de bases de connaissances associées à un système expert. Le tout permettrait de simuler les modèles (scénarios), et les dysfonctionnements. Il automatiserait également le travail de rédaction des tableaux d'A.M.D.E.C., d'Actions Correctives etc. Cet outil informatique permettrait enfin de former des chefs de projet en simulant des déroulements de projet, en générant des dysfonctionnements sur ces projets écoles, en simulant les effets d'actions correctives etc..

17. CONCLUSION GENERALE

Notre recherche s'inscrit dans la compréhension et l'amélioration des démarches qualité en conception de produits nouveaux. Le développement d'un produit innovant est une aventure, en quête d'une réponse à une question plus ou moins bien définie. Cette aventure nous amène à faire un long voyage, que l'on prépare, puis qui dans l'action, nous amène à vivre des événements passionnants que les risques encourus et les difficultés rencontrées exacerbent. Tout au long de ce voyage, la question et la réponse se précisent jusqu'à ce que l'on acquière la certitude que l'on est arrivé à destination.

La conception d'un produit innovant est une conjonction d'activités mettant en oeuvre des ressources diverses (hommes, matériels, informations, ...) et dispersées. Ce processus a pour objectif de définir un produit de Qualité, c'est à dire, ayant un ensemble de propriétés et de caractéristiques aptes à satisfaire les besoins explicites ou implicites, des utilisateurs. Il nécessite la mise en place d'un mode de management ouvert aux incertitudes, aux imprévus, permettant de produire des idées nouvelles et se donnant les moyens de les transformer en succès. Celui ci se mesure à la fin du processus de développement industriel : lors de l'utilisation, lorsque l'utilisateur final est satisfait du service rendu par le produit. Il est alors trop tard pour changer les fonctions du produit.

La Qualité d'un produit innovant doit donc se construire tout au long de son développement industriel : de la définition du besoin, à la conception, puis lors de sa fabrication, de son utilisation et enfin son recyclage.

Ce pilotage par l'aval (le besoin du client) met l'entreprise dans une position d'échange permanent avec son environnement : l'entreprise n'est plus une entité fermée, mais un système en contact avec un ensemble de partenaires dans un environnement en permanente évolution. Cette activité de conception de produits nouveaux est complexe, en particulier, à cause de son haut contenu informationnel. Ces informations générées en interne et en externe, circulent dans et au travers de l'entreprise. Elles se transforment, s'enrichissent mais aussi se dégradent, apparaissent et disparaissent au gré des événements plus ou moins subis ou maîtrisés. Plongé dans cette complexité, le chef de projet doit choisir la meilleure route, et si besoin, en ouvrir de nouvelles. Il doit donner confiance à ceux qui l'accompagnent et l'aide à progresser, en leur montrant sa capacité d'anticipation des événements. Et lorsque l'obstacle se présente, il doit être armé pour franchir l'obstacle, s'il le peut, ou le contourner en ayant des solutions. Mais tout ne peut être prévu, et la responsabilité d'un chef de projet ne peut être toujours mise en

cause en cas de problème. Lorsque les difficultés se présentent, il nous semble important que le chef de projet puisse justifier les risques pris et garder la trace des événements qui l'ont amené à ces difficultés. On apprend aussi beaucoup par les échecs, et si l'erreur est humaine, la faute est de les reproduire.

Pour mener à bien son projet, un chef de projet peut donc mettre en oeuvre des méthodes de conception qui définissent les états successifs de représentation du produit, du besoin au prototype, et les expertises requises. Cet aspect des choses est en lui même porteur de risque de non-conformité entre besoin et réponse à ce besoin, expertise requise et expertise disponible.

Les techniques de gestion de projet introduisent les notions de temps et de ressources, et les risques associés en termes de coûts et de délais. Elles apportent des éléments de réponse pour gérer les risques inhérents au non-respect de ces objectifs d'un projet.

Nous avons montré, dans notre travail de recherche que l'adoption d'une démarche qualité en conception de produits nouveaux est une aide précieuse pour préparer puis accompagner la conception d'un produit nouveau. Elle facilite le passage des obstacles et apporte l'assurance de ne pas trop se perdre en chemin. C'est à la fois un guide, des méthodes et des outils pour manager les relations complexes entre les hommes ainsi que leurs rapports avec la technique et leur environnement. La démarche qualité aide à définir, dans le cadre de la conception d'un produit innovant, le processus de pilotage de l'ensemble des transactions entre tous les acteurs, internes et externes de l'entreprise. La démarche qualité globalise les méthodes de conception et de gestion de projet en introduisant en particulier, la notion de processus. Utilisée en complément des méthodes de gestion de projet, cet ensemble de techniques permet au chef de projet d'apporter des garanties de respect des délais, des coûts, et des performances du produit. Mais nous avons montré que, par principe et encore plus dans la pratique, cela était encore insuffisant pour éviter un grand nombre d'échecs de projets de conception de produits nouveaux. Les processus sont définis par des chefs de projet qui s'appuient sur leur expérience. Cette expérience est leur propriété et non celle de l'entreprise car une entreprise mène en général peu d'actions de conception. Ces actions sont en général longues et ce sont rarement les mêmes hommes qui les mènent. Le processus de conception est encore rarement modélisé et l'expérience peu capitalisée. Les référentiels qualité en conception apparaissent mais les connaissances en la matière sont beaucoup moins approfondies que dans les domaines de la production. S'appuyant sur ce parallèle épistémologique entre la production et la conception nous avons préconisé de modéliser le processus de conception de produits

nouveaux. Nous avons proposé de définir ce processus par un système dans lequel circule, se transforme, et parfois se perd l'information. Nous avons ensuite établi une corrélation entre risque de défaillance du processus de conception et dysfonctionnement du processus de management de l'information.

L'étude des techniques de Sûreté de Fonctionnement nous a amené à élaborer un principe de management des risques projet, incluant des adaptations de techniques connues telles que l'analyse préliminaire des risques et l'A.M.D.E.C.. Nous avons proposé une adaptation de ces techniques au sujet qui nous intéresse : les projets de conception de produits nouveaux. Nous avons synthétisé l'ensemble sous forme d'une proposition de méthode prescriptive. Nous avons présenté cette méthode que nous avons appelé A.D.I.P., en l'appliquant à un modèle générique de projet. Plus concrètement encore, nous avons appliqué l'A.D.I.P. à un projet réel, développé dans le cadre du Laboratoire Conception de Produits Nouveaux de l'ENSAM et à un futur projet, dans la continuité directe de ce travail de recherche : l'informatisation de la méthode que nous proposons. Ces premières expériences nous ont renseigné sur l'efficacité de notre proposition, et en ont montré les limites, avantages et inconvénients. Notre méthode vise à alerter les chefs de projet et les membres des équipes projet sur les implications entre la manière de concevoir le management de l'information dans l'élaboration d'un projet, les risques de dysfonctionnement du projet et les conséquences sur la qualité du projet. Cette qualité étant mesurable, dans le champ restreint que nous nous sommes fixé, par la capacité d'un projet à générer une définition de produit satisfaisant les besoins latents et/ou exprimés.

Nous pensons donc que ce travail apporte une contribution, certes modeste, mais néanmoins réelle, à la compréhension et à la performance de la conception de produits nouveaux. Le chemin parcouru ouvre des perspectives de recherche nombreuses. Les contacts que nous entretenons avec le milieu industriel nous confortent sur la nécessité de poursuivre ce travail dont la formalisation n'est qu'une étape d'un voyage qui s'annonce passionnant.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADAM B., *La qualité de l'information*, La Valeur N°53, 1992, pp. 27-30.
2. AFAV, *Management et démarches de projet- Projet de guide d'intégration des démarches "Qualité" dans la conception de produits*, Club d'échange d'expériences - AFAV, Paris, 9 fev. 1994.
3. AFCIQ, Document de Synthèse des travaux du groupe "Indicateurs et Tableau de bord", AFCIQ, Paris, 1990.
4. AFNOR, Norme NFL 00-007 - Industrie Aéronautique et Spatiale - Vocabulaire - Termes Généraux, AFNOR, Paris, mars 1987.
5. AFNOR, Norme NFX 50-120 - ISO 8402, AFNOR, Paris, 1988.
6. AFNOR, Norme X 50-105, Le management de projet : concepts, AFNOR, Paris, 1991.
7. AFNOR, Gérer et assurer la Qualité, AFNOR, Paris, 4ème ed, t.1, Concepts et terminologie, 1992, t.2, Management et Assurance de la Qualité, Paris, 1992.
8. AMADO G., GUITTET A., La dynamique des communications dans les groupes, Armand Colin, Paris, 1975.
9. AOUSSAT A., *La pertinence en Innovation : nécessité d'une approche plurielle*, Thèse de Doctorat, Spécialité Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Laboratoire de Conception de Produits Nouveaux, Paris, 1990.
10. APEC, La fonction Qualité, APEC collection demain les cadres, Paris, 1992.
11. ARNOULD C., *Utilisation des méthodes dans les démarches de conception de produits*, La Valeur n°62, 1994, pp. 14-16.
12. ASHLEY D., *Project Risk Identification using inference subjective expert assesement and historical data*, proceedings of the INTERNET international Expert Seminar on the State of the Art in Project Risk Management, INTERNET Association, Atlanta, oct. 12-13, 1989, pp 9-28.
13. ASHLEY D., STOKES L., PERNG Y-H., *Combining Multiple Expert Assessments for Construction Risk Identification*, Proceedings of the Seventh International Symposium on Offshore Mechanics and Artic Engineering, Houston, Texas, 1987.
14. ATLAN H., Entre le cristal et la fumée, Seuil, Paris, 1979.
15. AUNE J.-L., *Analyse, modélisation et mise en place d'un mode de fonctionnement pour le développement des produits nouveaux. Application à l'industrialisation des produits de grande diffusion de BULL S.A.*, Thèse de Doctorat, Spécialité Génie des Systèmes Industriels, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Laboratoire de Conception de Produits Nouveaux, Paris, 17 novembre 1989.
16. AVOTS I., *Cost Relevance Analysis for Overrun Control*, International Journal of Project Management, 1983.

17. BARTOLLI A., Communication et organisation. Pour une politique générale cohérente, les Ed. d'Organisation, Paris, 1990.
18. BATESON G., Vers une écologie de l'esprit, Le Seuil, tome 2, Paris, 1978.
19. BENSSOUSSAN M., La Méthode A.M.D.E.C. Planning, AFITEP 7ème Convention Nationale Direction et Contrôle de Projet, Paris, sept. 1991, pp. C32.1-C32.10.
20. BERNAD J., Approche systémique de l'entreprise et de son informatisation, Masson, Paris, 1992.
21. BIJON C., Les stratégies de rupture créatrices de marchés, Le Seuil, Paris, 1991.
22. BISSERET A., Les activités de conception et leur assistance, Bulletin de Liaison de la Recherche en Informatique et en Automatique n°115, 1987.
23. BISSERET A., FIGEAC-LETANG C., FALZON P., Modeling opportunistic reasonings : the cognitive activity of traffic signal setting technicians, Rapport de Recherche INRIA n°893, Rocquencourt, 1988.
24. BLAISON G., Management de Programme et Risk Management, AFITEP 7ème Convention Nationale Direction et Contrôle de Projet, Paris, sept. 1991, pp. D21.1-D21.21.
25. BOBE B., La gestion de la R & D dans les entreprises Françaises et Japonaises, Rapports d'étude pour le Commissariat Général du Plan, Paris, volume 1, Rapport général., 1990, volume 2, La gestion de la R & D dans les entreprises Françaises de taille moyenne: rapport annexe, 1990.
26. BOLY V., ARNOULT C., GUIDAT DE QUEIROZ C., Approche comparative des méthodes d'aide à la conception en vue de l'élaboration de guides facilitant la prise en compte du design, de l'ergonomie et de la sécurité, Actes du 4ème Congrès International de Génie Industriel, Marseille, 15-16-17 déc. 1993, Tome 2, pp. 169-176.
27. BONNARDEL N., Le rôle de l'évaluation dans les activités de conception, Thèse de Doctorat en Psychologie Cognitive, Université d'Aix en Provence, Aix en Provence, 1992.
28. BRAMS G.W., Réseaux de Petri : théorie et pratique, tome 2, Masson, Paris, 1983.
29. CALLON M., LATOUR B., Comment suivre les Innovations. Clefs pour l'analyse socio-technique, Prospectives et santé publique, n° spécial sur l'Innovation, 24 octobre 1985.
30. CALVEZ J.P., Spécification et conception des systèmes, une méthodologie, Ed. Masson, Paris, 1990.
31. CAVAILLES J., Méthodes de Management de Programme, Teknea, Toulouse, 1992.
32. CAVERNI, J.P., Les Processus d'Evaluation, Document interne CREPCO, 1991.
33. CHAIGNEAU Y., PERIGORD M., Du management de projet à la Qualité Totale, Management 2000, Ed. d'Organisation, Paris, 1990.
34. CHANDRASEKARAN B., Design Problem Solving : A Task Analysis, AI Magazine, Winter 1990, pp. 59-74.
35. CHOFFRAY J.M., DOREY F., Développement et gestion des produits nouveaux : concepts, méthodes et applications, MC GRAW-HILL, Paris, 1983.
36. CHVIDCHENKO I., CHAVALIER J., Conduite & gestion de projets, Cépadues Editions, Toulouse, 1994.
37. CHVIDCHENKO I., Gestion des grands projets, Cépadues Editions, Toulouse, 1993.
38. Commission Electronique Internationale, Normes : Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité, CEI, Publications n°271, 1974, n°271A, 1978, n°271B, 1983, n°271C, 1985.

39. Commission Electronique Internationale, Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédure d'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE), CEI, Publication n°812, 1985.
40. COUPIN B., *Des produits nouveaux de formation dédiés aux conducteurs de systèmes de production complexes ; une application : le simulateur de rotative (S.I.R.)*, Thèse de Doctorat, Spécialité Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Laboratoire de Conception de Produits Nouveaux, Paris, 1991.
41. CROSBY P.B. La Qualité c'est gratuit, l'art et la manière d'obtenir la Qualité, Economica, Paris, 1986.
42. CROSBY P.B., La Qualité sans larmes. Pour une gestion qualitative de l'entreprise, Economica, Paris, 1986.
43. CROZIER M., FRIEDBERG E., L'acteur et le système, Ed. du Seuil, coll. Sociologie Politique, Paris, 1977.
44. CROZIER M., Le phénomène bureaucratique, Ed. du Seuil, coll. Points, Paris, 1963.
45. D'IRIBARNE P., La logique de l'honneur, Ed. du Seuil, coll. Sociologie, Paris, 1989.
46. DANIELLOU F., Ergonomie et Neurophysiologie du travail - cours B4, Collection cours du CNAM, Paris, 1990-1991.
47. DANILA N., *Méthodes d'évaluation et de sélection des projets de recherche*, Revue Française de Gestion &44, janvier-février 1984.
48. DAUBE B., *Analyse de la maîtrise des risques*, Revue Française de Gestion, Janvier/Février 1980, pp 38-48.
49. DAUBE B., *Le risque de l'innovation*, Management n° 40, oct. 1973.
50. DAVID A., SUTTER E., La gestion de l'information dans l'entreprise, AFNOR Gestion, Paris, 1985.
51. DE ROSNAY J., Le microscope, Ed. du Seuil, Paris, 1974.
52. DEMING W.E., Out of the Crisis, MIT Centre for Advanced Engineering Study, Cambridge MA, 1989.
53. DENIS H., Technologie et société : essai d'analyse systémique, Ed. de l'Ecole Polytechnique de Montréal, Montréal, 1987.
54. DESCHANELS J.L., ROUHET J.C., *L'analyse des risques programme par la méthode ARP*, La Cible n°43, 1992, pp. 4-7.
55. DGA/STEN/QM, MQ10 : méthodologie Qualité, Délégation Générale à l'Armement, Paris, 1986.
56. DIAKITE A., *Fiabilité prévisionnelle d'un système d'imagerie en médecine nucléaire - application à la Sté SOPHA MEDICAL*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1994.
57. DIBON M.L., Ordonnancement et potentiels, méthode MPM, Dunod, Paris, 1980.
58. DILTON L. S., *Les méthodes de travail japonaises peuvent-elles être appliquées dans les pays occidentaux - traduit par S.F. MILLER-* in QUALITE en MOUVEMENT N°2, juillet septembre 1991, pp 38-42.
59. DUCHAMP R., La conception de Produits Nouveaux, HERMES, Paris, 1989.
60. DUNAUD M., Maîtriser la Qualité et les coûts des produits et des projets, MASSON, Paris, 1987.
61. EASTSMAN C.M., *Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design.*, Proceedings of the First Joint International Conference on I.A., Washington, D.C., pp 669-690.
62. ENSAM, Projet Qualimétrie, ENSAM, Paris, 1987.

63. FALZON P., *Les Dialogues de Diagnostic : l'Évaluation des Connaissances de l'Interlocuteur*, Rapport de Recherche INRIA N° 47, INRIA Rocquencourt, 1987.
64. FEIGENBAUM A., Comment appliquer le contrôle total de la Qualité dans votre entreprise? Les Ed. de l'entreprise SA, Paris, 1984.
65. FERNEZ-WALCH S., *L'innovation de produit au quotidien en entreprise industrielle*, Thèse de Doctorat en Économie Industrielle, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, 1991.
66. FEY R., GOGUE J.M., La maîtrise de la Qualité, Ed. d'organisation, Paris, 1981.
67. FORSE T., Qualimétrie des systèmes complexes : mesure de la Qualité du logiciel, Ed. d'Organisation, Paris, 1989.
68. FOUGERAT J.J., *Comment choisir parmi les démarches de conception ?*, La Valeur n°59, 1994, pp. 24-25.
69. FRIEDBERG E., L'acteur et le système, Ed. du Seuil, coll. Sociologie Politique, Paris, 1977.
70. GARVIN D.A., Competing on the Eight Dimensions of Quality, HbR , 1987.
71. GAULTIER V., *Maîtrise statistique des procédés*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1991.
72. GAUTIER R., *Qualité et conception*, colloque UTC. "Recherche en Design", Compiègne, 1991.
73. GIARD V., Gestion de Projet, Economica, Paris, 1991.
74. GIARD V., MIDLER C., Pilotages de Projet et Entreprises-Diversité et Convergences, Ecosip Economica, Paris, 1993.
75. GOGUE J.M., Les six samouraï de la Qualité, Economica, 1990.
76. GREENO J.G., *The structure of memory and the process of solving-problems*, in R.L. SOLSO (Ed.), Contemporary issues in cognitive psychology : the Loyola Symposium, Winston, Washington D.C., 1973, pp 103-133.
77. HAURAT A., *De la nécessité de maîtriser l'information*, Université d'été "La modélisation systémique en entreprise", Pôle productique Rhone-Alpes, 5-9 sept. 1994.
78. HERMEL PH., STERN J., Qualité et management stratégique : du mythique au réel, Ed. d'Organisation, Paris, 1989.
79. HEYVAERT H., *Stratégie et innovation dans l'entreprise*, Nouvelle Série n° 110, Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences Economiques, Sociales et politiques, Louvain, 1973.
80. HOC J.M., Psychologie cognitive de la planification, PUG, Grenoble, 1987.
81. HOLT K., Product Innovation Management, Butterwork, London, 1988.
82. HOURTOLLE C., *Conception de logiciels sûrs de fonctionnement, Analyse de la sécurité des logiciels mécanismes de décision pour la programmation en N-Versions*, Thèse de Doctorat, LAAS/CNRS, Toulouse, 1987.
83. IMAI M., Kaizen-la Clé de la Compétitivité Japonaise, trad. de l'Américain par René PIETRI, Eyrolles, Paris, 1990.
84. ISHIKAWA K., La Gestion de la Qualité, outils et applications pratiques, DUNOD, Paris, 1984.
85. ISHIKAWA K., Principes généraux des cercles de Qualité, AFNOR-AFCIQ, Paris, 1981.

86. JASELSKIS E., ASHLEY D., *Achieving Construction Project Success through Predictive Discrete Choice Models*, INTERNET'88, The Ninth World Congress on Project Management, Glasgow, Scotland, September 4-9 1988.
87. JONES J.C., THORNLEY D. Conference on Design Methods, Pergamon Press, Oxford, 1963.
88. JURAN J.M., Gestion de la qualité, AFNOR, Paris, 1983.
89. KIRHANDJOGLOU V., *Assurance Qualité en Conception, application à la Sté Lucas Air Equipement*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1994.
90. LAGADEC P., Le risque technologique majeur, Pergamon Press, Paris, 1981.
91. LAMBUSSON A., *Vers la recherche de la qualité totale : une approche historique, des théories et une réalité concrète*, Thèse de Doctorat en Ingénierie et Gestion, Ecole de Mines de Paris, Paris, 1988.
92. LANVAIN B., *La société d'information en suspens*, in Futuribles, Paris, Oct. 1986, p. 43-65.
93. LANZARA G.F., *La théorie de la conception entre "problem-solving" et "problem-setting" : quelques implications cognitives et organisationnelles*, in A. Demailly & J.L. Lemoigne (Eds), Sciences de l'Intelligence, Sciences de l'Artificiel, Presses Universitaires de Lyon, Lyon, 1986, pp. 447-454.
94. LAPRIE J.C., Sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques et tolérance aux fautes : concepts de base, Technique et Science Informatiques, Vol. 4, N° 5, Sept.-Oct., 1985, pp 419-429.
95. LE COQ M., *Approche intégrative en conception de produits*, Thèse de Doctorat, Spécialité Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Laboratoire de Conception de Produits Nouveaux, Paris, 1992.
96. LE MOIGNE J.L., La modélisation des systèmes complexes, DUNOD, Paris, 1991.
97. LE XUAN F., *Projet Indicateur Qualité*, Thèse Professionnelle Mastère Spécialisé Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1987.
98. LESCA H., *Pour une direction des ressources d'information*, in Revue Française de Gestion, Paris, sep.-oct. 1990, p. 40-44.
99. LEVEAUX C., *Modalités d'intervention des fournisseurs dès la phase de conception d'un produit nouveau - application chez la Sté Lucas Air Equipement*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1994.
100. LIEVENS C., Sécurité des systèmes, Cepadues, collection Sup'Aéro, Paris, 1976.
101. LOCKYER K.G., *Introduction à l'analyse du chemin critique, PERT*, DUNOD, 1969.
102. MAHER M.L., *Process Model for Design Synthesis*, AI Magazine, Winter 1990, pp. 49-58.
103. MAHIEUX F., Gestion de l'innovation, Ed. SIREY, Coll. Administration des Entreprises, Paris, 1978.
104. MALHOTRA A., THOMAS J.C., CARROLL J.M., MILLER L.A., *Cognitive processes in design*, International Journal of Man-Machine Studies, n°12, 1980, pp. 119-140.
105. MANIER P., *Management de la Qualité Totale*, cours de Mastère Spécialisé Management de la Qualité, Module E, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1991.
106. MARC E., PICARD D., L'Ecole de Palo Alto, Ed. Retz, Paris, 1984.
107. MELESE J., Approche systémique des organisations, Ed d'Organisation, Paris, 1990.

- 108.METAYER G., Cybernétique et organisations (nouvelle technologie du management), Ed. d'Organisation, Paris, 1970.
- 109.MILLER R., *Une politique des ressources humaines au service de la stratégie*, Revue Française de Gestion, mars-avril-mai 1985, pp 57-67.
- 110.MINTZBERG H., Le pouvoir dans les organisations, Ed d'Organisation, Paris, 1986.
- 111.MINTZBERG H., Structure et dynamique des organisations, Ed d'Organisation, Paris, 1982.
- 112.MIRA S., *Elaboration d'une méthode de gestion des risques de développement pour maîtriser le temps de l'innovation technologique et renforcer la compétitivité de l'entreprise*. Thèse de Doctorat en sciences de gestion, Université Jean Moulin Lyon III, Lyon, 1993.
- 113.MIRABEL B., *Experience from estimate risk analysis*, AFITEP 6th Annual Meeting, Paris, Avril 1990.
- 114.MOLES A., Théorie structurale de la communication et société, Masson, Paris, 1986.
- 115.MORIN J., L'excellence technologique, Publi Union, Paris, 1985.
- 116.MURPHY D., BAKER B., FISHER D., Determinants of Project Success, Boston College Management Institute, Boston MA, 1974.
- 117.NANCI D., ESPINASSE B., COHEN B., HECKENROTH H., Ingénierie des systèmes d'information avec MERISE, Ed. LAVOISIER, Paris, 1992.
- 118.NEVES J., *La gestion de la communication dans les pratiques du changement technologique : réflexions à partir de trois études de cas.*, Thèse de Doctorat en Génie Industriel, spécialité Management de l'Innovation Technologique, Ecole Centrale de Paris, avril 1992.
- 119.NOYE D., Guide pratique pour maîtriser la Qualité Totale, Ed. INSEP, Paris, 1990.
120. OGER H., *Qualité mesurée, Qualité perçue - application à la conception d'un produit nouveau pour SEB*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1992.
- 121.PAULRE B., *Entreprise-système - l'entreprise est-elle vraiment un système ?* Systémique, théorie et application, Techniques & Documentation, Lavoisier, Paris, 1992, pp 259-275.
- 122.PICHAT PH., L'innovaction : un concept et une démarche nouvelle pour maîtriser l'innovation technologique, Ed. CHOTARD, Paris, 1989.
- 123.PINTO J., SLEVING D., *Project Success : definition and measurement techniques*, Project Management Journal, 1988, pp. 57-71.
- 124.POIAGA L., *Risk analysis in project evaluation*, AFITEP 6th Annual Meeting, Paris, Avril 1990.
- 125.PORTER M., L'avantage concurrentiel-Comment devancer ses concurrents et maintenir son avance, InterEditions, Paris, 1986.
- 126.QUARANTE D., Eléments de design, Malvine S.A. Editeur, 1984.
- 127.REUCHLIN M., Psychologie, PUF, Paris, 1981.
- 128.RICHARD J.F., Les activités mentales, comprendre, raisonner, trouver des solutions, Armand Colin, 1990.
- 129.ROJOT J., BERGMANN A., Comportement et organisation : comportement organisationnel et théorie des organisations, Ed. VUIBERT, Paris, 1989.

- 130.ROLLAND C., FOUCAUT O., BENCI G., Conception des systèmes d'information : la méthode REMORA, Ed. EYROLLES, Paris, 1988.
- 131.SAKAI P., *Détermination d'un système d'estimation des coûts de la non-qualité au niveau conception ; application à Sextant Avionique*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1992.
- 132.SERIEYX H., Le zéro mépris, Interédition, Paris, 1989.
- 133.SEURAT S., La coévolution créatrice, Rivages les Echos, Paris, 1987
- 134.SHANNON C., WEAVER W., La théorie mathématique de la communication, ed. Retz, Paris, 1975.
- 135.SIMON H.A., *The Structure of Ill Structured Problems*, Artificial Intelligence, N°4, 1973, pp 181-201.
- 136.SORENSEN R., STENN O., SOLAS M., *Reflexions on risk assessment*, AFITEP 6th Annual Meeting, Paris, Avril 1990.
- 137.SQUAGLIA O., *Projet Qualimétrie*, Thèse Professionnelle Mastère Spécialisé Management de la Qualité, ENSAM, Paris, 1987.
- 138.STAROPLI GK., *Project Management : controlling uncertainty*, Journal of System Management, May 1975, pp. 29-35.
- 139.STEN/QM., MQ10 , méthodologie Qualité, service Qualité-Méthodes de la Direction des Engins (STEN/QM) de la DGA (Délégation Générale à l'Armement), Paris, 1986.
- 140.STORA G., MONTAIGNE J., La Qualité Totale dans l'entreprise, Ed. d'Organisation, Paris, 1986.
- 141.TARTAGNAC G., TREILLON D., La dynamique de l'innovation, Altersyal, Paris, 1989.
- 142.TEBAA-GABLE M., *Proposition d'un modèle de raisonnement expert en situation de résolution de problèmes, basé sur une approche systémique des activités cognitives de raisonnement*, Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, 1993.
- 143.THOMAS J.C., CARROLL J.M., *The psychological study of design*, Design Studies, 1, July 1979, pp. 5-11.
- 144.TURPAIN J., *Mise en place de la maîtrise statistique des procédés - application à l'unité mécanique de la SNECMA Gennevilliers*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1991.
- 145.VALERY P., Cahiers, Gallimard, Paris, 1992.
- 146.VALLET G., Techniques d'analyse de projet, Ed. LAVOISIER, Paris, 1992.
- 147.VERGNENEGRE A., *Grilles d'Analyse Qualitative du Risque-Fondements et Expérimentation*, Actes de la 7ème Convention Nationale de l'AFITEP, Direction et Contrôle de Projet, Paris, sept. 1991, pp. C30.1-C30.12.
- 148.VIGIER M., Méthodes d'assurance qualité-fiabilité et d'expérimentation, Maloine, Paris, 1981.
- 149.VILLEMEUR A., Sûreté de Fonctionnement des systèmes industriels, Fiabilité - Facteurs humains - Informatisation, Eyrolles, Paris, 1988.
- 150.VINCENT A., *Qualité et Développement packaging - application à la Sté VICHY*, Thèse Professionnelle de Mastère Spécialisé en Management de la Qualité, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1993.
- 151.VISSER W., *Raisonnement analogique et conception créative : études empiriques de trois projets de conception*, 01 Design'92, Marrakech, Maraoc, 25-27 janvier 1992.

152. VON REIBNITZ U., La technique des scénarios pour la planification et la prévision, AFNOR, Paris, 1989, trad. de Scenario techniques, Mc Graw-Hill Book Company GmbH, Hambourg, 1988.
153. WATZLAWICK P., BEAVIN J.H., JACKSON D., Une logique de la communication, Le Seuil, Paris, 1972.
154. WATZLAWICK P., WEAKLAND J., FISCH R., Changements, paradoxes et psychotérapie, Le Seuil, Paris, 1975.
155. WINKIN Y., La nouvelle communication, les Ed. du Seuil, Paris, 1981.
156. WOODGATE H.S., Comment utiliser les planning par réseaux, Les Ed. d'Organisation, Paris, 1967.
157. ZAIDI A., QFD, une introduction, Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 1990.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Probabilité de succès des produits nouveaux à différentes étapes de leur développement	17
Figure 2 : réduction des profits en fonction du dépassement de budget/coûts/délais d'un projet (produit de grande consommation) (source : Ford-Mckenzie)	18
Figure 3 : les trois stratégies de base [selon PORTER (1986)]	19
Figure 4 : Le "système" de l'Innovation	21
Figure 5 : Présentation systémique de l'entreprise dans son environnement	22
Figure 6 : champ du domaine de recherche : une vision pluridisciplinaire pour un domaine complexe.	24
Figure 7 : Activité de conception : processus de résolution de problèmes [BONNARDEL, (1992)].	27
Figure 8 : schéma Q.F.D.	28
Figure 9 : modélisation d'un produit : l'approche fonctionnelle [GAUTIER (1991)]	30
Figure 10 : Le produit : support de service	31
Figure 11 : définition d'une fonction(méthode APTE)	32
Figure 12 : le produit en tant que réponse partielle aux besoins latents	34
Figure 13: Innovation et KAIZEN ("amélioration continue") (d'après MASAASI, 1989).	35
Figure 14 : Innovation majeure : changement de paradigme	36
Figure 15 : du séquentiel vers le simultané [d'après BOURDICHON (1994)]	40
Figure 16 : gel progressif des tâches dans une approche d' Ingénierie Simultanée.	40
Figure 17 : démarche C.P.N.	41
Figure 18 : modèle normatif/modèle descriptif d'un processus de conception	42
Figure 19 : (re)construction d'un modèle prescriptif du processus de conception au cours de ses mises en oeuvre normatives, de ses modélisations descriptives et de ses (re)modélisations. (d'après CHRISTOFOL, 1995)	43
Figure 20 : Organigramme Technique [DGA/STEN/QM, (1986)]	48
Figure 21 : planning de GANTT	50
Figure 22 : planning PERT	52
Figure 23 : méthode des potentiels	53
Figure 24 : Tableau de l'approche des coûts en fonction des phases Projet	55
Figure 25 : modèle PRICE	57
Figure 26 : schéma "cost-control"	58
Figure 27 : la qualité au coeur des activités et aux interfaces.	60
Figure 28 : la qualité, une notion relative	61
Figure 29 : la qualité : histoire d'une pratique industrielle	65
Figure 30 : modèle de processus dans le cadre d'une relation client/fournisseur	66
Figure 31 : principales sources de risques d'un projet	73
Figure 32 : implication de la qualité dans le cycle de vie d'un produit	77
Figure 33: synergie entre qualité et conception de produits nouveaux	78
Figure 34 : synergie entre qualité et conception de produits nouveaux	79
Figure 35 : L'environnement d'une entreprise [VON REIBNITZ (1989)]	88
Figure 36 : démarche générale d'analyse fonctionnelle du processus de C.P.N.	89
Figure 37 : Définition du milieu extérieur au "système de conception de produits nouveaux - modèle d'activité (d'après BOURDICHON, 1994)	91
Figure 38 : Boucle de la qualité (d'après AFNOR 1992 p.29)	92
Figure 39 : Analyse fonctionnelle du système d'innovation de l'entreprise	92
Figure 40 :Relation utilisateurs/cycle de vie du produit	93
Figure 41 : évolution des besoins/Produit Nouveau	94
Figure 42 : Décomposition du système d'Innovation en sous-systèmes	95
Figure 43 : Analyse fonctionnelle du sous-système de conception de produits nouveaux	96
Figure 44 : système général de communication [selon WINKIN (1981)]	98
Figure 45 : fonctions d'un message selon JAKOBSON (1960)	99
Figure 46 : principe de rétroaction (DE ROSNAY, 1975)]	100
Figure 47 : Le système cognitif	104
Figure 48 : résolution des problèmes au sein des activités cognitives	105
Figure 49 : grille de choix des projets d'expérimentation	108
figure 50 : les 7 domaines de complexité du projet NMA.	111
figure 51 : "organigramme des tâches"	112
Figure 52 : jalons, phases, et bouclage des actions de conception.	112
Figure 53 : règle des bouclages	113
Figure 54 : processus de conception du masque	115

<i>Figure 55 : architecture produit : décomposition fonctionnelle</i>	119
<i>Figure 56 : image CAO du masque NMA</i>	121
<i>Figure 57 : démarche qualité STEN/QM de la DGA</i>	124
<i>Figure 58 : Schéma SIR</i>	133
<i>Figure 59 : analyse de faisabilité</i>	135
<i>Figure 60 : gestion du projet SIR</i>	137
<i>Figure 61 : Diagramme d'ISHIKAWA</i>	138
<i>Figure 62 : modèle de processus de Conception de Produits Nouveaux</i>	142
<i>Figure 63 : Arbre de défaillance - Tableau des représentations des événements.</i>	156
<i>Figure 64 : Arbre de défaillance - Portes logiques fondamentales</i>	156
<i>Figure 65 : Exemple d'Arbre de Défaillances du logiciel.</i>	156
<i>Figure 66 : démarche préventive de management des risques projet.</i>	161
<i>Figure 67 : modèle générique du processus de traitement de l'information</i>	165
<i>Figure 68 : démarche d'analyse A.M.D.E.C. Projet</i>	166
<i>Figure 69: Grilles de Criticité.</i>	171
<i>Figure 70 : Modélisation initiale du projet B-MARLY : 18 juillet 1994</i>	178
<i>Figure 71 : modélisation après modification du projet B-MARLY : 25 juillet 1994</i>	185
<i>Figure 72 : modélisation du projet B-MARLY après actions correctives 1ère étape</i>	187
<i>Figure 73 : modélisation du projet B-MARLY après actions correctives 2ème étape</i>	190
<i>Figure 74 : Modélisation du projet SRP</i>	197
<i>Figure 75 : modification du scénario du projet SRP après analyse de risque</i>	205

RESUME

QUALITE EN CONCEPTION DE PRODUITS NOUVEAUX

« Proposition d'une méthode de fiabilisation du processus de management de l'information »

L'activité de conception de produits nouveaux est analysée en tant que processus complexe, mettant en oeuvre des démarches, des méthodes et outils divers. Dans ce contexte, les risques de dysfonctionnement de ce processus sont importants. Les conséquences de ces dysfonctionnements se traduisent par le non-respect d'objectifs de coût, de délais, et de qualité. La gestion de ces risques faisant partie de la mission d'un chef de projet, la mise en place de la qualité en conception doit passer, à l'image de la qualité en production, du concept de contrôle du résultat (la définition du produit) à la maîtrise du processus (le management du projet). Le processus de Conception de Produits Nouveaux est modélisé de manière à comprendre et à agir sur ses dysfonctionnements. Ce modèle de processus est ensuite validé sur plusieurs projets de conception de Produits Nouveaux. Ces expérimentations décrivent la complexité de la gestion de projet. Elles nous permettent de faire ressortir les aspects moteurs de la qualité dans le management du triplet "produit / projet / environnement" ainsi que les manques et les améliorations possibles de la démarche en matière de maîtrise des risques. Elles démontrent en particulier, la nécessité de maîtriser l'information tout au long du cycle de vie d'un produit. Cette analyse nous permet de proposer un concept nouveau de management des risques projet, comprenant une méthode globale de management de l'information et des outils que nous avons appelé "A.P.R. Projet" et "A.M.D.E.C. Projet", extrapolés des techniques de Sécurité de Fonctionnement. Nous définissons ce concept, son champ d'application, ses méthodes et outils, ses avantages et ses limites. Une validation sur des cas de projets industriels est proposée. Nous envisageons enfin des axes de recherches pour développer cette méthode.

QUALITY IN NEW PRODUCT DESIGN

« Proposal for a reliability method of the information management process »

The New Product Design activity is analysed as a complex process, inducing many approaches, methods and tools. In such a context, malfunctions risks of this process are important, and the direct consequences are the non respect of the cost, time limit and quality goals. Management of those risks being part of a project manager duty, the settlement of quality has to go from the issue control concept (definition of the product) to the control of the process (project management), as quality image concerning production. The new product design process is conceived so as to understand and regulate those malfunctions. This kind of process is then validated on many New Product Design projects. Those experimenting show the toughness of a project management, and allow us to focus on important aspects of quality in management of the Product/Project/Environment triplet, and also the lacks or possible improvements concerning risk control. They show the necessity to master the information all through a product life cycle. This analysis allows us to propose a new project risk management concept, including a global information & tools management method called « APR Project » and « AMDEC Project », extrapolated from safety functioning technics. We define this context, its operating range, methods & tools, advantages and limits. A validation on industrial projects is proposed. We finally plan for researching axis to develop this method.

Mots-clés

QUALITE, CONCEPTION, PRODUIT, PROJET, RISQUES, FIABILITE, INFORMATION, PROCESSUS, ANALYSE FONCTIONNELLE

QUALITY, DESIGN PRODUCT, PROJECT RISK, RELIABILITY, INFORMATION, PROCESS, FUNCTIONAL ANALYSIS

