

Titre: Définition et structuration de l'ingénierie simultanée dans le domaine de l'aéronautique et application chez bombardier aéronautique
Title:

Auteur: Patrick Jean Chenel
Author:

Date: 2000

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Chenel, P. J. (2000). Définition et structuration de l'ingénierie simultanée dans le domaine de l'aéronautique et application chez bombardier aéronautique
Citation: [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
<https://publications.polymtl.ca/8759/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/8759/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Kalyan Ghosh, & Michel Cambron
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

NOTE TO USERS

This reproduction is the best copy available.

UMI

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

DÉFINITION ET STRUCTURATION DE L'INGÉNIERIE
SIMULTANÉE DANS LE DOMAINE DE L'AÉRONAUTIQUE
ET APPLICATION CHEZ BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE

PATRICK JEAN CHENEL

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)

MARS 2000



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file *Votre référence*

Our file *Notre référence*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-57399-0

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

**DÉFINITION ET STRUCTURATION DE L'INGÉNIERIE
SIMULTANÉE DANS LE DOMAINE DE L'AÉRONAUTIQUE
ET APPLICATION CHEZ BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE**

présenté par : **CHENEL Patrick Jean**

en vue de l'obtention du diplôme de : **Maîtrise ès sciences appliquées**

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. VILLENEUVE Laurent, M. Eng., président

M. GHOSH Kalyan, D. Eng., membre et directeur de recherche

M. CAMBRON Michel, M.Sc.A., M.B.A., membre et codirecteur de recherche

M. SABBAGH Bassam, M.B.A., membre

« L'audace de faire mieux »

Campagne de sensibilisation de
Bombardier 1996

« Working Together »

Nom du premier 777 de Boeing

**« Wheter you call it concurrent
engineering or common sense...
getting it right the first time »**

Paul A. Thorpe

« A clear operational definition »

W. Edwards Deming

Je dédie ce mémoire à mes
adorables neveux, Christian,
Jean-François, Martin et Benoît
Gauthier puisque ce sont les
artisans de demain et que cet
avenir leur appartient.

REMERCIEMENTS

J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de maîtrise, M. Kalyan Ghosh, qui m'a aidé à cerner le sujet en fonction de mes intérêts. Je veux également remercier mon codirecteur, M. Michel Cambron, qui a toujours su fournir les conseils judicieux pour orienter la vision globale et la direction de ce document. J'aimerais remercier M. Laurent Villeneuve président du jury pour sa franchise et ses conseils concernant le présent document. J'aimerais aussi remercier M. Bassam Sabbagh de Bombardier Aéronautique membre du jury pour le temps consacré à l'étude de cet ouvrage malgré qu'il gère le développement d'un nouvel avion au niveau manufacturier, le Continental Jet.

Je tiens à souligner l'appui reçu de Bombardier Aéronautique qui a fourni le réalisme et un but concret à ce mémoire. En particulier, j'aimerais remercier M. Serge Perron qui a toujours cru en ce projet et m'a fourni l'appui nécessaire pour le partir. J'aimerais également remercier M. Yves Rémy et M. François Minville pour leur patience, leurs encouragements et de m'avoir fait vivre un développement d'avion.

Finalement, je veux surtout remercier ma famille et mes amis pour leurs encouragements constants et d'avoir cru que je pouvais y arriver. En dernier lieu, je veux remercier ma compagne Rachel Luengas qui a su m'insuffler le dernier souffle nécessaire pour terminer ce document.

RÉSUMÉ

Avec la globalisation des marchés, l'introduction d'un nouveau produit devient un facteur stratégique important. Alors, ce changement de l'environnement des organisations relève beaucoup plus de la réingénierie que du domaine technique. L'ingénierie simultanée qui est une philosophie de gestion, intègre le savoir et l'expérience de différents départements de l'entreprise dont les efforts sont mis en contribution dès le début de la conception. De plus, avec cette approche, toutes les activités nécessaires à réaliser le développement d'un produit sont concrétisées en parallèle.

Au cours du premier chapitre, ce concept est introduit dans ses grandes lignes. Le résumé de l'approche préconisée permet de suivre l'étude présentée dans cet ouvrage. D'ailleurs, les principes de l'ingénierie simultanée sont détaillés au complet dans l'annexe I. L'utilisation des principes véhiculés au cours de ce mémoire provient d'une revue de littérature exhaustive. Par contre, le concept d'ingénierie simultanée étant relativement nouveau, la première contribution se révèle être la modélisation des différentes étapes et éléments nécessaires à l'implantation de cette approche.

Ensuite, le deuxième chapitre introduit cette fois-ci l'entreprise sur laquelle l'étude va porter, c'est-à-dire Bombardier Aéronautique. Ainsi, le document présente l'environnement de l'entreprise, les différents produits et son historique.

Afin de pouvoir implanter l'ingénierie simultanée à Bombardier Aéronautique, il faut s'intéresser tout d'abord à sa culture puisqu'elle mobilise les énergies sur des objectifs majeurs et canalise les comportements autour d'un certain nombre de normes, de valeurs, etc. Ainsi, le troisième chapitre étudie la culture d'une des divisions de Bombardier Aéronautique, Canadair situé à Dorval. Cette étude a été complétée à l'aide d'un questionnaire distribué à 600 employés provenant de différents services. Le but recherché mesure sept facteurs permettant de cerner la culture organisationnelle; l'autonomie individuelle, la structure, le support aux employés, l'identité, la gratification pour le rendement, la tolérance quant aux conflits et la tolérance quant au risque. En résumé, la gratification pour le rendement et la tolérance quant au risque se sont révélées les points faibles à améliorer pour l'implantation de l'ingénierie simultanée, tandis que l'identité et la tolérance quant aux conflits apparaissent comme étant les points forts sur lesquels l'entreprise peut s'appuyer.

La deuxième étape de l'étude de l'implantation de l'ingénierie simultanée à Bombardier se définit comme l'analyse d'un projet de conception d'un de ses produits. Le produit étudié, le CRJ700 couvert par le chapitre 4, est un avion commercial de 70 passagers. Les différents points étudiés se résument tout d'abord avec les étapes de réalisations d'un projet de conception en étudiant les systèmes mis en place, le système d'ingénierie et celui du secteur manufacturier. Ensuite, on retrouve la gestion de l'information qui regroupe le suivi des différents livrables découlant de ces différents systèmes permettant de contrôler la progression du projet. De plus, l'organisation des membres du projet de

conception est analysée. En particulier, on retrouve le concept d'équipe intégrée de conception de produit actuellement mis en place. Également, les différents outils de conception utilisés par chacun des membres au cours de la conception seront étudiés. Finalement, certaines interrelations entre les membres de différents services seront observées, entre autre avec les unités de test.

Le document culmine sur les différentes recommandations nécessaires à l'implantation efficace de l'ingénierie simultanée chez Bombardier Aéronautique. Ces recommandations sont structurées selon le modèle défini au cours de l'annexe 1. De façon générale on retrouve les recommandations concernant en premier lieu la préparation de l'ingénierie simultanée. Ces recommandations se concentrent sur l'appui de la direction et la culture de l'organisation. Par la suite, les recommandations touchent la structure des différents services de l'organisation et des membres des équipes multidisciplinaires au cours d'un projet de développement. Ensuite, l'infrastructure sera abordée entre autre avec la définition du déroulement des activités ainsi que leur suivi. Finalement, les outils de conception utilisés par chacun des membres des équipes multidisciplinaires seront abordés.

En conclusion, les différents éléments abordés au cours de ce mémoire devront permettre à Bombardier Aéronautique d'avoir une idée plus claire des différents concepts concernant l'ingénierie simultanée et de l'effort nécessaire pour réussir son implantation. Les bénéfices tirés de l'approche proposée peuvent leur permettre de se

positionner avantageusement face à la concurrence. Par contre, le choix reste entier et celui-ci devrait reposer sur les besoins actuels et futurs de l'entreprise. Toutefois, l'évaluation des systèmes utilisés par Bombardier Aéronautique devra sérieusement être approfondie afin d'établir la façon la plus efficace de concevoir leur produit, car le but ultime restera toujours le-même; bien faire la première fois.

ABSTRACT

With the market globalization, the introduction of new product is becoming a strong strategic factor. This organizational environment change relies more on reengineering than technical aspect. Concurrent Engineering, which is a management philosophy, takes the knowledge and the experience from different departments and assembles the effort of every one of them from the start of a design project. Also, the preferred approach allows the realization in parallel of every necessary activity to complete a product development.

Within the first chapter, the Concurrent Engineering concept is introduced in general. With the abstract of the preferred approach, the study progress is facilitated grandly in this current document. Additionally, the major principles concerning Concurrent Engineering are detailed entirely in the appendix 1. The utilization of each principle emerges with a complete literature review. The concept of Concurrent Engineering is relatively new. The first contribution of this document is to build a model of each important steps and notions necessary to implement this approach.

Then, the second chapter introduces the subject studied: Bombardier Aerospace Inc. To achieve that goal, the present document presents the environmental aspect to this company, the different products and its history.

To consider the Concurrent Engineering implementation in Bombardier Aerospace, we first have to consider the cultural aspect of this business because it mobilizes energies to achieve the major objectives and canalizes the comportment around rules, values, etc. The third chapter studies the culture of one division of Bombardier Aerospace, Canadair located in Dorval. This study has been completed with the distribution of 600 surveys to employees coming from different departments. The achievement was to measure seven factors characterizing the organizational culture; the individual autonomy, the structure, the employees support, the identity, productivity gratification, discord and risk tolerance. In summary, the productivity gratification and the risk tolerance are the major aspects to improve for a Concurrent Engineering implementation, while the identity and the discord tolerance are the strongest aspects which the organization can built his basis.

The second step to implement the Concurrent Engineering approach is defined with the analysis of a Bombardier product design project. The studied product is a seventy seats commercial aircraft, the CRJ700, and it is presented in the fourth chapter. The first aspect presented is the different step used to complete a design project. The two systems studied are the ones actually in use at Bombardier Aerospace; the engineering system and the manufacturing system. Then the information management is use to control the project progress with the deliverables used in both system. Also, the project team structure is analyzed. Particularly, the concept of Integrated Product Design Team is introduced with the design of the CRJ700. Additionally, the tools used

by each members of the team are studied. Finally, some interrelations between members of different departments are analyzed like the design of the test units.

The Concurrent Implementation recommendations at Bombardier, presented in chapter 5, completes this document. Those suggestions are structured with the model define during the appendix 1. Generally, the first recommendation concerns the Concurrent Engineering preparation with the management support and the organizational culture. Then the recommendation concentrates on the departmental structure and the members of multidisciplinary team organization within a product development project. Additionally, the infrastructure is presented with the definition of all necessary activities to achieve the design and the progress follow-up. Finally, the suggestions concerning the use of design tools by multidisciplinary team members are presented.

In conclusion, the different elements presented in this document will prevail for Bombardier Aerospace to obtain a clear vision of the Concurrent Engineering concepts and the necessary efforts to implement them. The preferred approach should benefit this company to position themselves against competition. But the choice stays entirely and it has to consider actual and future company needs. However, the engineering and manufacturing system in place will have to be studied in more details to satisfy the achievement of an efficient product design because the main goal stays; doing it right the first time.

TABLE DES MATIÈRES

CITATIONS.....	iv
DÉDICACE.....	v
REMERCIEMENTS.....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
ABSTRACT.....	xi
TABLE DES MATIÈRES.....	xiv
LISTE DES TABLEAUX.....	xx
LISTE DES FIGURES.....	xxv
LISTE DES ANNEXES.....	xxix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 – MODÈLE D’INGÉNIERIE SIMULTANÉE UTILISÉ.....	5
1.1 Introduction à l’ingénierie simultanée.....	5
1.2 Préparation de l’ingénierie simultanée.....	13
1.2.1 Le support de la haute direction.....	13
1.2.2 La culture de l’entreprise.....	15
1.3 Définition de la structure.....	17
1.4 Développement de l’infrastructure.....	19
1.4.1 Déroulement du programme structuré.....	19

1.4.2	Le système de contrôle.....	23
1.4.3	Les éléments de mesure.....	25
1.5	Les outils de l'ingénierie simultanée.....	26
CHAPITRE 2 – PORTRAIT DE BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE.....		29
CHAPITRE 3 - ÉTUDE DE LA CULTURE DE CANADAIR.....		34
3.1	Conception du questionnaire.....	35
3.2	Plan du questionnaire.....	38
3.3	Caractéristiques du questionnaire.....	41
3.3.1	La population.....	41
3.3.2	Erreurs dues à l'instrument de mesure.....	43
3.3.3	Erreurs dues à la méthode d'échantillonnage.....	44
3.3.4	Erreurs dues à l'organisation.....	45
3.4	Distribution des questionnaires.....	45
3.5	Caractéristiques de l'échantillon.....	50
3.6	Analyse des résultats concernant la culture organisationnelle.....	58
3.6.1	Autonomie individuelle.....	60
3.6.1.1	Prise de décision.....	61
3.6.1.2	Responsabilisation.....	63
3.6.2	Structure.....	66
3.6.2.1	Structure organisationnelle.....	67

3.6.2.2	Structure départementale.....	70
3.6.2.3	Processus conception/fabrication/support à la clientèle.....	73
3.6.3	Appui auprès des employés.....	77
3.6.3.1	Formation des employés.....	78
3.6.3.2	Supervision des employés.....	81
3.6.4	Identité.....	84
3.6.4.1	Identité au niveau de l'entreprise.....	85
3.6.4.2	Identité au niveau des services.....	88
3.6.5	Gratification pour le rendement.....	89
3.6.5.1	Gratification pour le rendement en général.....	91
3.6.5.2	Gratification pour le rendement en particulier.....	93
3.6.6	Tolérance quant aux conflits.....	96
3.6.6.1	Collaboration.....	97
3.6.6.2	Respect.....	99
3.6.7	Tolérance quant au risque.....	101
3.6.7.1	Appui de la direction.....	102
3.6.7.2	Encouragement à l'innovation.....	105
3.7	Analyse des résultats concernant l'ingénierie simultanée.....	108
3.7.1	Connaissance de l'ingénierie simultanée.....	109
3.7.2	Le processus de l'ingénierie simultanée.....	112
3.7.3	Les équipes multidisciplinaires.....	114
3.7.4	Délais, coûts et qualité reliés à l'ingénierie simultanée.....	118

3.7.5	Perception des répondants.....	121
3.7.5.1	Perte de compétences d'un spécialiste.....	122
3.7.5.2	Implantation de l'ingénierie simultanée à Canadair.....	123
3.7.6	Les outils de l'ingénierie simultanée.....	123
3.7.6.1	Déploiement de la fonction qualité (QFD).....	124
3.7.6.2	Intégration des besoins manufacturiers dans la conception (DFM).....	126
3.7.6.3	Intégration des besoins d'assemblage dans la conception (DFA).....	128
3.7.6.4	Outils CAO/FAO (conception et fabrication assistées par ordinateur).....	130
3.7.6.5	Les outils de communication informatique.....	133
3.7.6.6	Les tableaux décisionnels.....	136
3.7.6.7	Système de gestion d'information manufacturière (CIM).....	139
3.7.6.8	Les outils informatiques de gestion.....	141
3.7.6.9	L'analyse de défaillance.....	143
3.7.6.10	L'analyse de la valeur.....	145
3.7.6.11	Les autres outils identifiés par les répondants.....	148
3.8	Commentaires et appréciations du questionnaire.....	150
3.8.1	Sommaire des commentaires des répondants.....	150
3.8.1.1	Commentaires d'intérêt général.....	150
3.8.1.2	Points majeurs à considérer.....	152

3.8.1.3 Commentaires concernant l'ingénierie simultanée.....	154
3.8.2 Appréciations du questionnaire.....	156

CHAPITRE 4 - ÉTUDE D'UN PROJET DE CONCEPTION CHEZ BOMBARDIER

AÉRONAUTIQUE.....	158
4.1 Caractéristiques du nouvel avion CRJ 700.....	159
4.2 Étapes de réalisation d'un projet de conception à Bombardier Aéronautique	164
4.2.1 Le processus d'affaire de Bombardier.....	164
4.2.2 Le système d'ingénierie de Bombardier.....	166
4.2.3 Le système manufacturier de Bombardier.....	173
4.2.4 Observations sur les étapes de réalisation d'un projet de conception	177
4.3 La gestion de l'information.....	180
4.3.1 Intégration de l'information.....	181
4.3.2 Observations sur la gestion de l'information.....	184
4.4 Organisation des membres du projet de conception.....	187
4.4.1 Les équipes de conception de produit intégrées (Integrated Product Design Team - IPDT).....	187
4.4.2 Observations sur l'Organisation des membres du projet de conception.....	192
4.5 Les outils de conception.....	198
4.5.1 Outils utilisés dans la conception du CRJ 700.....	198
4.5.2 Observations sur les outils de conception.....	203

4.6	Les unités de test.....	205
4.6.1	Définition des unités de test.....	205
4.6.2	Observations sur les unités de test.....	207
CHAPITRE 5 – RECOMMANDATIONS.....		209
5.1	Préparation de l'ingénierie simultanée.....	209
5.1.1	Appui de la haute direction.....	209
5.1.2	La culture de l'organisation.....	211
5.1.2.1	Améliorations immédiates.....	212
5.1.2.2	Améliorations à considérer.....	214
5.1.2.3	Facteurs sur lesquels Canadair peut s'appuyer.....	217
5.2	La structure.....	218
5.2.1	La structure d'un projet de développement.....	218
5.2.2	Les équipes multidisciplinaires.....	222
5.3	L'infrastructure.....	226
5.3.1	Structurer le déroulement de la conception.....	226
5.3.2	Le système de suivi des activités.....	234
5.4	Les outils de l'ingénierie simultanée.....	235
CONCLUSION.....		237
BIBLIOGRAPHIE.....		240
ANNEXES.....		249

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 – Les dix+1 commandements de l’ingénierie simultanée.....	8
Tableau 1.2 – Bénéfices reliés à l’ingénierie simultanée.....	8
Tableau 1.3 – Pourcentage relié aux coûts de développement d’un produit.....	11
Tableau 3.1 - Définition de l’échantillonnage par services.....	43
Tableau 3.2 - Représentation du taux de réponse initial par services.....	47
Tableau 3.3 - Représentation du taux de réponses ajusté par services.....	49
Tableau 3.4 - Statistiques concernant la question 22.....	61
Tableau 3.5 - Statistiques concernant la question 33.....	62
Tableau 3.6 - Statistiques concernant la question 14.....	64
Tableau 3.7 - Statistiques concernant la question 26.....	64
Tableau 3.8 - Statistiques concernant la question 37.....	65
Tableau 3.9 - Statistiques concernant la question 7.....	68
Tableau 3.10 - Statistiques concernant la question 49.....	69
Tableau 3.11 - Statistiques concernant la question 50.....	69
Tableau 3.12 - Statistiques concernant la question 51.....	69
Tableau 3.13 - Statistiques concernant la question 15.....	71
Tableau 3.14 - Statistiques concernant la question 18.....	71
Tableau 3.15 - Statistiques concernant la question 23.....	72
Tableau 3.16 - Analyse de la structure départementale en fonction de l’expérience des répondants.....	73

Tableau 3.17 - Statistiques concernant la question 9.....	74
Tableau 3.18 - Statistiques concernant la question 39.....	75
Tableau 3.19 - Statistiques concernant la question 28.....	75
Tableau 3.20 - Statistiques concernant la question 17.....	76
Tableau 3.21 - Statistiques concernant la question 10.....	79
Tableau 3.22 - Statistiques concernant la question 34.....	79
Tableau 3.23 - Statistiques concernant la question 38.....	80
Tableau 3.24 - Statistiques concernant la question 46.....	81
Tableau 3.25 - Statistiques concernant la question 41.....	82
Tableau 3.26 - Statistiques concernant la question 24.....	83
Tableau 3.27 - Statistiques concernant la question 47.....	83
Tableau 3.28 - Statistiques concernant la question 8.....	86
Tableau 3.29 - Statistiques concernant la question 43.....	86
Tableau 3.30 - Statistiques concernant la question 11.....	87
Tableau 3.31 - Statistiques concernant la question 48.....	88
Tableau 3.32 - Statistiques concernant la question 35.....	89
Tableau 3.33 - Statistiques concernant la question 12.....	91
Tableau 3.34 - Statistiques concernant la question 25.....	92
Tableau 3.35 - Statistiques concernant la question 19.....	93
Tableau 3.36 - Statistiques concernant la question 30.....	94
Tableau 3.37 - Statistiques concernant la question 40.....	95
Tableau 3.38 - Statistiques concernant la question 27.....	97

Tableau 3.39 - Statistiques concernant la question 20.....	98
Tableau 3.40 - Statistiques concernant la question 31.....	99
Tableau 3.41 - Statistiques concernant la question 13.....	100
Tableau 3.42 - Statistiques concernant la question 44.....	100
Tableau 3.43 - Statistiques concernant la question 16.....	103
Tableau 3.44 - Statistiques concernant la question 21.....	103
Tableau 3.45 - Statistiques concernant la question 29.....	104
Tableau 3.46 - Statistiques concernant la question 36.....	105
Tableau 3.47 - Statistiques concernant la question 42.....	106
Tableau 3.48 - Statistiques concernant la question 32.....	107
Tableau 3.49 - Statistiques concernant la question 45.....	108
Tableau 3.50 – Comparaison entre le nombre de répondants connaissant l'ingénierie simultanée et le nombre de personnes qui ont retourné le questionnaire.....	110
Tableau 3.51 – Répartition des répondants connaissant l'ingénierie simultanée par service et détaillée en fonction de leur scolarité.....	111
Tableau 3.52 - Statistiques concernant la question 53 a).....	113
Tableau 3.53 - Statistiques concernant la question 53 e).....	113
Tableau 3.54 - Statistiques concernant la question 53 i).....	114
Tableau 3.55 - Statistiques concernant la question 53 d).....	115
Tableau 3.56 - Statistiques concernant la question 53 g).....	116
Tableau 3.57 - Statistiques concernant la question 53 h).....	116

Tableau 3.58 - Statistiques concernant la question 53 k).....	117
Tableau 3.59 - Statistiques concernant la question 53 b).....	118
Tableau 3.60 - Statistiques concernant la question 53 f).....	119
Tableau 3.61 - Statistiques concernant la question 53 j).....	120
Tableau 3.62 - Statistiques concernant la question 53 l).....	122
Tableau 3.63 - Statistiques concernant la question 53 c).....	123
Tableau 3.64 - Répartition des répondants concernant la QFD (Quality Fonction Deployment).....	125
Tableau 3.65 - Répartition des répondants concernant le DFM (Desing for Manufacturing).....	127
Tableau 3.66 - Répartition des répondants concernant le DFA (Desing for Assemblies).....	129
Tableau 3.67 - Répartition des répondants concernant le CAO/FAO.....	132
Tableau 3.68 - Répartition des répondants concernant les logiciels de communication.....	135
Tableau 3.69 - Répartition des répondants concernant les tableaux décisionnels.....	137
Tableau 3.70 - Répartition des répondants concernant le CIM (Computer Integrated Manufacturing).....	140
Tableau 3.71 - Répartition des répondants concernant les outils informatiques de gestion.....	142
Tableau 3.72 - Répartition des répondants concernant les analyses de défaillance	144
Tableau 3.73 - Répartition des répondants concernant l'analyse de la valeur.....	146

Tableau 3.74 – Données concernant l’appréciation du questionnaire par les
répondants..... 156

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 – Représentation schématique des activités de l'ingénierie simultanée..	6
Figure 1.2 – Comparaison entre les différentes approches de développement.....	9
Figure 1.3 – Augmentation des coûts de changements d'un facteur de 10 pour chaque étape.....	11
Figure 1.4 – Processus dynamique pour assurer une implantation réussie.....	14
Figure 1.5 – Facteurs caractérisant la culture organisationnelle.....	16
Figure 1.6 – Structure organisationnelle pour les projets d'envergure.....	18
Figure 1.7 – Programme structuré.....	19
Figure 1.8 – Temps des activités relié au développement.....	22
Figure 1.9 – Processus de barrières.....	24
Figure 3.1 - Graphique représentant le sexe des répondants par services.....	53
Figure 3.2 - Graphique représentant l'âge des répondants par services.....	54
Figure 3.3 - Graphique représentant le niveau de scolarité des répondants.....	55
Figure 3.4 - Graphique représentant le nombre d'années de service des répondants	56
Figure 3.5 - Graphique du nombre d'entreprises travaillées avant Canadair des répondants.....	57
Figure 3.6 - Statistiques complètes concernant l'autonomie individuelle.....	60
Figure 3.7 - Statistiques complètes concernant la structure.....	67
Figure 3.8 - Statistiques complètes concernant l'appui.....	78
Figure 3.9 - Statistiques complètes concernant l'identité.....	85

Figure 3.10 - Statistiques complètes concernant la gratification pour le rendement	90
Figure 3.11 - Statistiques complètes concernant la tolérance quant aux conflits.....	96
Figure 3.12 - Statistiques complètes concernant la tolérance quant au risque.....	102
Figure 3.13 - Statistiques complètes sur la connaissance de l'ingénierie simultanée	121
Figure 3.14 - Statistiques concernant l'appréciation de la QFD par les répondants	126
Figure 3.15 - Statistiques concernant l'appréciation du DFM par les répondants.....	128
Figure 3.16 - Statistiques concernant l'appréciation du DFA par les répondants.....	130
Figure 3.17 - Statistiques concernant l'appréciation du CAO/FAO par les Répondants.....	133
Figure 3.18 - Statistiques concernant l'appréciation de la communication informatique par les répondants.....	136
Figure 3.19 - Statistiques concernant l'appréciation des tableaux décisionnels par les répondants.....	138
Figure 3.20 - Statistiques concernant l'appréciation du CIM par les répondants.....	141
Figure 3.21 - Statistiques concernant l'appréciation des outils informatiques de gestion par les répondants.....	143
Figure 3.22 - Statistiques concernant l'appréciation des analyses de défaillance par les répondants.....	145
Figure 3.23 - Statistiques concernant l'appréciation de l'analyse de la valeur par les répondants.....	147
Figure 4.1 - Représentation des vues en trois plans du CRJ 700.....	160
Figure 4.2 - Arrivée du premier fuselage central dans un appareil cargo russe.....	162

Figure 4.3 - Photographie du CRJ 700 en vol.....	163
Figure 4.4 - Processus d'affaires de Bombardier et intégration des systèmes SIB et SMB.....	165
Figure 4.5 - Système d'ingénierie de Bombardier Aéronautique.....	168
Figure 4.6 - Intégration du SIB et du SMB formant ainsi le processus de conception.....	178
Figure 4.7 - Intégration du SIB et du SMB au niveau des livrables et des intervenants.....	180
Figure 4.8 - Services réorganisés selon le concept d'IPDT.....	190
Figure 4.9 - Illustration du principe de l'approche pièce-à-pièce en comparaison à l'approche traditionnelle.....	202
Figure 4.10 - Démonstration de l'amélioration du processus de conception avec l'approche pièce-à-pièce.....	203
Figure 5.1 - Portrait de la culture de Canadair.....	211
Figure 5.2 - Structure effective sur le CRJ 700.....	219
Figure 5.3 - Structure proposée de l'ingénierie simultanée.....	220
Figure 5.4 - Représentation des différents groupes de membres des équipes multidisciplinaires.....	225
Figure 5.5 - Exemple d'un aménagement rassemblant les équipes multidisciplinaires.....	226
Figure 5.6 - Représentation du SMB avec l'ajout d'une nouvelle étape.....	228
Figure 5.7 - Liens entre les différents systèmes de Bombardier Aéronautique.....	230

Figure 5.8 - Comparaison entre le processus traditionnel utilisé sur le CRJ 700
et celui simultané proposé..... 233

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Modèle détaillé de l'ingénierie simultanée.....	249
Annexe 2 – Présentation du questionnaire.....	395

INTRODUCTION

Le nouveau défi économique de la prochaine décennie, selon trois analystes de McKissey et Co (Ashley, 1990) se révèle être le développement de nouveaux produits. C'est-à-dire que les organisations devront transférer rapidement et efficacement leurs concepts de produits sur le marché. L'introduction d'un nouveau produit devient, donc, un facteur stratégique important. Les entreprises auront à faire preuve de créativité afin d'organiser leurs ressources, tout en développant des produits le plus rapidement possible, au moindre coût et à une qualité supérieure. Cette invitation s'avère nécessaire afin de rester concurrentiel à long terme.

En conséquence, les changements de l'environnement des organisations relèvent beaucoup plus de la réingénierie que du domaine technique. L'approche préconisée, l'ingénierie simultanée, aide à répondre adéquatement à cette problématique. Cette dernière, en utilisant les outils appropriés, permet d'optimiser les différentes ressources d'une entreprise tout en faisant face aux contraintes comme le temps. Avant de poursuivre plus loin, une mise au point s'avère nécessaire en ce qui concerne l'ingénierie simultanée. L'ingénierie simultanée est une philosophie de gestion qui intègre le savoir et l'expérience de différents départements d'une entreprise, comme le département de marketing, de support à la clientèle, etc., dont les efforts sont mis en contribution dans la conception d'un produit. Ainsi, l'ingénierie simultanée ne se limite pas à l'intégration de la fabrication avec la conception afin de concevoir un produit

manufacturable¹ ce qui n'optimise pas l'utilisation des ressources de l'entreprise, mais maximise une facette particulière. Cette maximisation s'apparente plutôt au "Design For Manufacturing" qui est une technique de design qui peut faire partie de l'ingénierie simultanée. D'ailleurs plusieurs auteurs commencent à appeler l'ingénierie simultanée du développement simultané (Stewart, 1993) ou encore de l'ingénierie simultanée de classe mondiale (Clausing, 1994) afin de montrer clairement cette distinction.

Cette inconsistance vient principalement du fait que le concept d'ingénierie simultanée est relativement jeune puisqu'il a surgi au milieu des années 80. L'ingénierie simultanée a vu le jour formellement en 1982 lors d'un projet de cinq ans qui avait pour but d'améliorer la simultanéité dans le processus de développement par le DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*) du gouvernement américain (Owen, 1992). Par contre, le terme anglais "*Concurrent Engineering*" a été amené pour la première fois en 1986 par l'IDA (*Institute for Defense Analysis*) aux États-Unis (Deutsch et Pratt, 1993). Jusqu'à ce jour, peu d'ouvrages traitent rigoureusement de cette approche. Par contre, de plus en plus d'organisations considèrent sérieusement son application. En particulier, le département de la défense aux États-Unis exige selon les articles 5000.1 et 5000.2 (Maddux, Martin et Farrington, 1994), que tous les projets de développement doivent être réalisés selon le concept d'ingénierie simultanée. De plus, la majeure partie des fabricants de l'industrie automobile en Amérique du Nord pratique

¹ Ce qui est généralement très différent de la façon actuelle d'effectuer la conception; c'est-à-dire de pratiquement compléter le design et de voir par la suite, comment on va fabriquer ce design.

l'ingénierie simultanée à divers degrés. Ce domaine est fortement influencé par une concurrence extrêmement agressive au niveau mondial. Alors, l'introduction des produits devient un élément stratégique d'où l'importance d'améliorer le processus de développement des produits.

L'intérêt dans le secteur de l'aéronautique pour ce concept ne fait pas exception. La marge de manœuvre est relativement mince en ce qui concerne le développement d'un nouveau produit. Globalement, le coût de développement est très élevé et très risqué pour ces produits et ils ne peuvent se rentabiliser qu'à long terme. De cette façon, le premier compétiteur à offrir un produit sur un marché précis obtient un avantage concurrentiel certain. Par exemple, le plus proche compétiteur de Canadair dans le segment de marché des avions régionaux bi-réactés d'environ 50 places, la compagnie Embraer du Brésil, n'a réussi à homologuer son avion EMB-145 qu'en 1996, car son calendrier de mise au point avait pris énormément de retard (Milberry et Pickler, 1995). Cela a permis à Canadair de livrer plus de 100 *Regional Jet* depuis 1992, de faire valoir la fiabilité du produit, d'effectuer des améliorations, de prévoir de nouveaux produits et même d'accéder à d'autres marchés (Shifrin, 1996).

Afin de présenter la philosophie de l'ingénierie simultanée, ce document se compose de cinq chapitres. Tout d'abord, le premier chapitre est un résumé du modèle d'ingénierie simultanée sur lequel ce mémoire est basé. Celui-ci provient d'un résumé de littérature exhaustif, détaillé à l'annexe 1. Les autres chapitres présentent

l'expérimentation faite chez Bombardier Aéronautique. Le deuxième chapitre présente simplement le positionnement de cette entreprise et un sommaire de son historique. Ensuite, le troisième chapitre s'intéresse directement à la culture actuelle de l'organisation. Celle-ci a été mesurée à l'aide d'un questionnaire distribué aux employés de différents services. Quant à lui, le quatrième chapitre décrit le déroulement d'un projet de conception d'avion. Ce déroulement détaille la structure, l'infrastructure et les outils utilisés, qui ont appuyé le développement du CRJ 700, un nouvel avion commercial biréacteur de 70 passagers. Finalement, ce document culmine sur les recommandations permettant de faire le pont entre l'approche mise de l'avant par cette organisation et l'ingénierie simultanée. Ces recommandations s'appuient sur le modèle d'ingénierie simultanée définie au premier chapitre.

CHAPITRE 1 – MODÈLE D'INGÉNIERIE SIMULTANÉE UTILISÉ

Le modèle d'ingénierie simultanée résumé au cours de ce chapitre provient d'une revue de littérature exhaustive. Cette revue est détaillée à l'annexe 1 à l'aide de 6 chapitres. L'originalité de cette démarche permet d'alléger le corps du mémoire pour ne retrouver que l'essentiel des concepts de base de l'ingénierie simultanée permettant la compréhension de l'ensemble de l'ouvrage. Ainsi, pour approfondir les connaissances de l'ingénierie simultanée, le lecteur est invité à lire cette annexe.

1.1 INTRODUCTION À L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Avec la mondialisation des marchés, la concurrence augmente et devient plus agressive, tout en considérant le fait que certains concurrents réussissent à développer leurs produits de façon plus efficace. Cette situation entraîne un rétrécissement général dans le cycle de vie des produits (Thurmond et Kunack, 1990), puisqu'on retrouve une amélioration continue des produits sur le marché. Une diminution du temps disponible pour développer un produit et pour effectuer des changements d'ingénierie s'en suit. Enfin, le nombre de produits que les entreprises doivent développer durant un certain temps, doit augmenter afin qu'elle puisse rester compétitive.

Afin de répondre à ces contraintes, l'ingénierie simultanée qui est une philosophie d'entreprise, vient optimiser les ressources en intégrant l'expérience et les connaissances des intervenants des équipes multidisciplinaires vers la conception d'un produit selon un programme structuré et à l'aide d'outils appropriés, afin de satisfaire un segment de marché bien ciblé. Cette dynamique entre la structure, l'infrastructure et les outils disponibles, c'est-à-dire la définition conceptuelle, est représentée à la figure suivante.

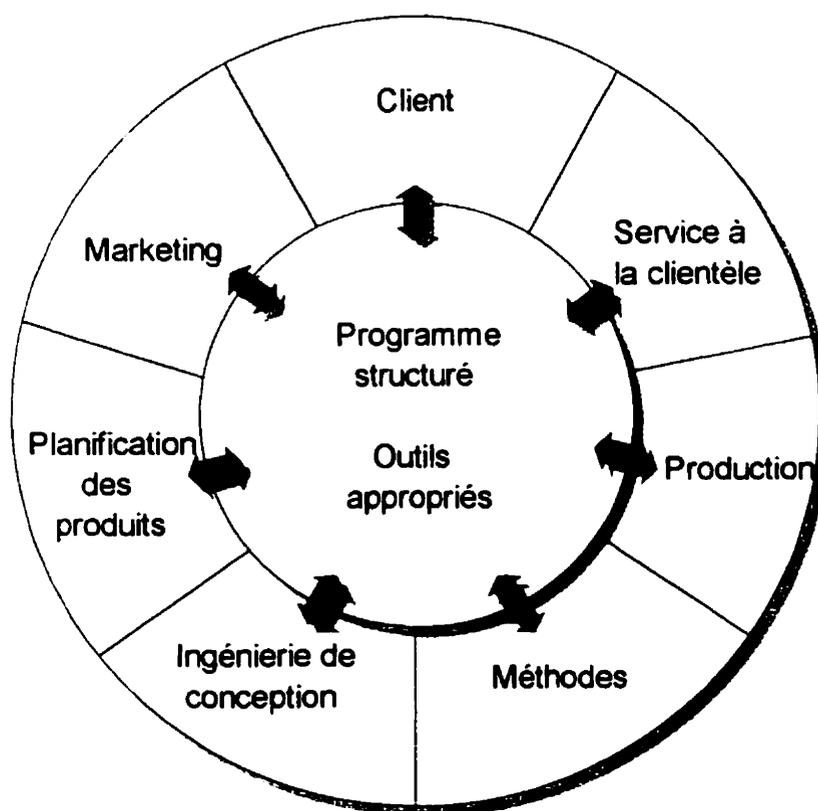


Figure 1.1 – Représentation schématique des activités de l'ingénierie simultanée

De façon plus formelle, la définition proposée de l'ingénierie simultanée est composée de deux documents officiels. La première partie a été soumise dans l' "Internal CERC report" par M. Cleetus et M. Wood (Davis et Trapp, 1991) et la deuxième provient d'une partie de la définition de l'IDA (*Institute for Defense Analyses*) dans son rapport IDA R338 "The Role of Concurrent Engineering in Weapons Systems Acquisition" (Palmer, 1991):

"Concurrent Engineering is a systematic approach to integrated product development, that emphasizes response to customer expectations and embodies team values of cooperation, trust, and sharing in such a manner that decision making proceeds with large intervals of parallel working by all life-cycle perspectives, synchronized by comparatively brief exchanges to produce consensus."

"This approach is intended to cause the developers, from the outset, to consider all elements of the product life cycle from conception through disposal, including quality, cost, schedule, and user requirements."

En général, l'ingénierie simultanée peut être résumée simplement à l'aide des dix +1 commandements (Simms, 1993). Cette démarche, décrivant un déroulement efficace de l'ingénierie simultanée, est exhibée au tableau 1.1 présenté à la page suivante.

L'implantation de l'ingénierie simultanée amène des bénéfices que certaines compagnies ont enregistrés. Ceux-ci sont résumés au tableau 1.2¹. Ces différents

¹ Le tableau 3 vient d'une combinaison de données prises dans la littérature (Lawson et Karandikart, 1994; Gatenby et autres, 1994).

bénéfices sont facilement explicables et sont intimement liés à la façon dont un produit est conçu lors de son développement.

Tableau 1.1 – Les dix+1 commandements de l'ingénierie simultanée

Les dix +1 commandements de l'ingénierie simultanée

1. Création d'équipes multidisciplinaires.
 2. Améliorer la communication avec les clients et les utilisateurs.
 3. Intégrer la fabrication dans la conception et effectuer le processus de développement de façon simultanée.
 4. Intégrer les fournisseurs le plus tôt possible dans le processus.
 5. Incorporer l'expérience acquises par les programmes précédents.
 6. Créer un produit de façon digitalisé.
 7. Intégrer des outils de conception à l'aide de l'ordinateur avec le produit digitalisé.
 8. Effectuer des simulations pour évaluer la performance du produit.
 9. Simuler le procédé de fabrication.
 10. Améliorer continuellement le processus.
 11. Intégrer des revisions techniques.
-

Tableau 1.2 – Bénéfices reliés à l'ingénierie simultanée

Bénéfices reliés à l'ingénierie simultanée

	Réduction de
Temps de développement	30 à 50%
Temps d'introduction du produit	20 à 90%
Nombre de changements d'ingénierie	60 à 95%
Nombre de rebuts et de pièces retravaillées	75%
Nombre de défauts	30 à 85%
Coûts durant le cycle de vie du produit	15 à 50%
	Amélioration de
Productivité du groupe de développement	20 à 110%
Qualité globale	100 à 600%
Retour sur actifs	20 à 120%

Tout d'abord, les délais tels le temps de développement et l'introduction d'un produit, liés au processus de conception d'un produit sont diminués en utilisant l'ingénierie simultanée, ce qui améliore la productivité du groupe. Ce phénomène s'explique par la coordination en parallèle des activités de différentes fonctions au cœur d'une équipe multidisciplinaire (voir la figure suivante)¹, c'est-à-dire de façon concurrente, simultanée (Gatenby et autres, 1994). Ainsi, les altérations successives affectant le design se retrouvent considérablement diminuées (Deutsch et Pratt, 1993).

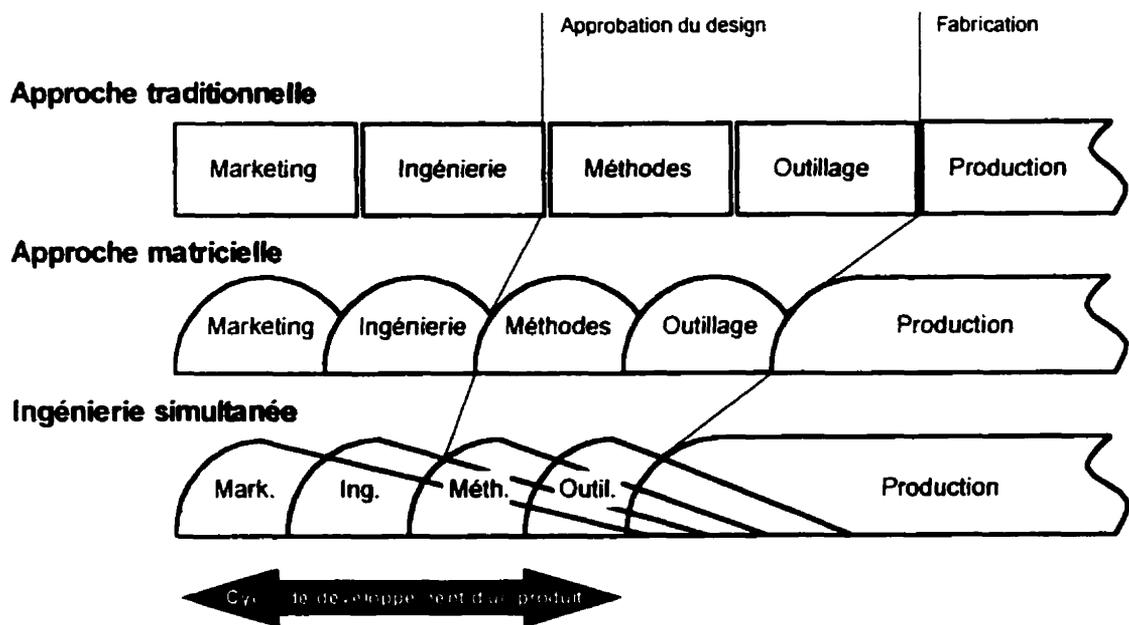


Figure 1.2 – Comparaison entre les différentes approches de développement

¹ Cette figure démontre la réduction du temps de cycle de développement (Gordon et Isenhour, 1990).

Ensuite, avec la communication constante parmi les équipes multidisciplinaires, les problèmes et les risques potentiels sont identifiés le plus tôt possible pour qu'ils soient évalués en commun et pris en considération lors du développement (Gordon et Isenhour, 1990). Cet environnement de travail permet d'obtenir une information plus complète, une créativité de groupe lorsque ceux-ci peuvent prendre les décisions appropriées, et élimine significativement les barrières interdépartementales (Foreman, 1990). Cela a pour effet de diminuer le nombre de changements d'ingénierie, de pièces retravaillées, de rebuts et de défauts, tout en permettant une amélioration de la qualité du produit et également de la productivité globale du groupe. De plus, la communication entre les départements fait en sorte que les besoins du client sont amenés directement au sein du groupe de développement (Takeuchi et Yoshimura, 1993), ce qui optimise cette qualité.

Finalement, la réduction des coûts de développement provient non seulement de la réduction du délai global et de l'amélioration de la qualité du design, mais aussi de trois caractéristiques intrinsèques au design. Premièrement, selon Don Clausing (Gatenby et autres, 1994), les coûts liés aux changements d'ingénierie augmentent communément d'un facteur de 10 lorsque ces changements sont insérés dans une étape du développement tout en la comparant à la précédente (voir figure suivante). Ainsi avec les efforts réguliers des équipes multidisciplinaires, en limitant les itérations du design, les coûts sont manifestement diminués.

Les coûts reliés aux changements

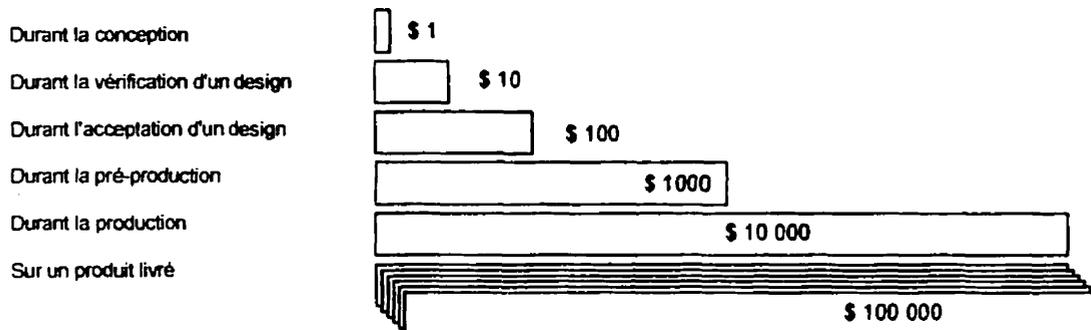


Figure 1.3 – Augmentation des coûts de changements d'un facteur de 10 pour chaque étape

Deuxièmement, les coûts attribués au cycle de développement d'un produit sont séparés en trois sections (Bartz et Fields, 1992), selon le "*Defense System Management College*"¹ (voir le tableau suivant). Tout le système attribué au processus de conception entraîne la majeure partie des frais de production et de support. En rendant, donc, ce système plus efficace grâce à l'ingénierie simultanée, les coûts de développement sont considérablement réduits.

Tableau 1.3 – Pourcentage relié aux coûts de développement d'un produit

Pourcentage relié aux coûts de développement d'un produit	
Recherche et développement	10%
Coûts de production	30%
Coûts d'opération et de support	60%

¹ Ces données proviennent des programmes typiques du "Department of Defense" des États-Unis.

Finalement, la communication transmise et les efforts effectués par le groupe multidisciplinaire doivent être entrepris le plus tôt possible au cours du développement d'un produit. Dans une étude britannique réalisée dans l'industrie aérospatiale (Ashley, 1990), il a été spécifié que:

"80 percent of product manufacturing costs are committed during the first 20 percent of the design process... it makes more sense to improve industry's engineering design practices."

L'ingénierie simultanée s'avère, donc, une solution souhaitable à long terme. Par contre, son implantation n'est pas facile, ni assurée. Le risque est relativement élevé pour implanter cette approche. Car il faut considérer les investissements qui sont considérables afin d'amener les gens à travailler conjointement et d'harmoniser leur environnement. De plus, les résultats ne sont pas garantis, car il faut mettre en place une structure organisationnelle et un programme structuré adéquat aux particularités de l'entreprise, tout en procurant les outils appropriés à chacun des membres de la structure. Seuls les efforts constants de tous les niveaux d'une compagnie vers la réalisation d'un déroulement efficient de l'ingénierie simultanée peuvent assurer son implantation et procurer une rentabilité à long terme.

1.2 PRÉPARATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

1.2.1 LE SUPPORT DE LA HAUTE DIRECTION

L'implantation de l'ingénierie simultanée n'est pas assurée et elle doit être préparée avec soin, comme il a été mentionné auparavant. Un des premiers atouts pour garantir le succès du processus de son implantation ou de son déroulement, se révèle être l'implication dynamique de la haute direction. Sans l'appui de la haute direction pour un projet, celui-ci n'a aucune chance de subsister. Dans le cas de l'ingénierie simultanée, la haute direction doit donner plus que son approbation, elle doit s'engager dans le processus d'implantation (Crow, 1994).

Afin de converger les efforts à supplanter ces pièges, un certain leadership sera nécessaire pour véhiculer les objectifs recherchés au cours de l'implantation de l'ingénierie simultanée et la façon dont ce concept va être graduellement implanté. Mais, avant de pouvoir communiquer cette vision efficacement, certaines étapes sont nécessaires afin d'engager toute la compagnie dans l'implantation de l'ingénierie simultanée. Premièrement, un comité directeur composé des meilleurs éléments provenant des différentes fonctions de la compagnie devra être formé. Deuxièmement, la haute direction devra obtenir une formation adéquate. Troisièmement, il faudra

communiquer la vision et les buts qui ont été préparés préalablement avec soin. Finalement, les employés sont impliqués directement dans l'implantation de l'ingénierie simultanée, en leur fournissant les outils et les connaissances appropriés. On assiste ainsi au déploiement énergétique de la vision à tous les niveaux de l'organisation. Ce processus est représenté à la figure suivante.

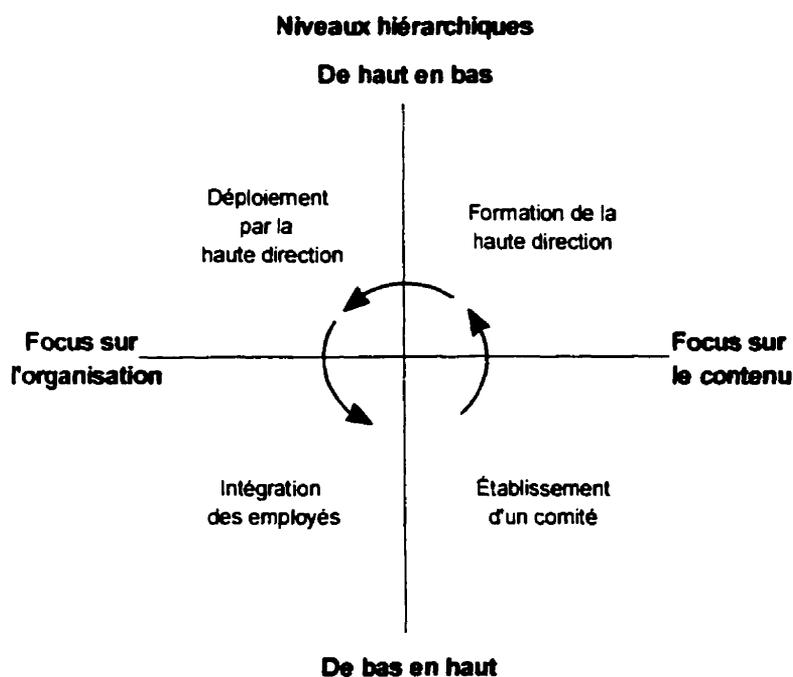


Figure 1.4 – Processus dynamique pour assurer une implantation réussie

Cette démarche est présentée simplement; il suffit en un premier temps de se concentrer sur le contenu et en deuxième lieu de décentraliser son implantation. Par contre, elle démontre bien l'importance de l'implication de la haute direction tout le long du processus d'implantation de l'ingénierie simultanée.

1.2.2 LA CULTURE DE L'ENTREPRISE

La participation de la haute direction et l'intégration de l'ingénierie simultanée dans la stratégie globale de l'entreprise amènent une métamorphose qui est intrinsèque à la culture organisationnelle. Par contre, celles-ci doivent être considérées de telle sorte qu'elles créent un environnement positif, favorisant l'amélioration continue et une approche orientée vers l'esprit d'équipe, tout en facilitant le déroulement de l'ingénierie simultanée. La culture organisationnelle se définit simplement comme étant la personnalité de l'entreprise (Bergeron, 1986) en intégrant les normes, les valeurs, les méthodes de travail, les récompenses, etc.

Afin de vouloir modifier la culture organisationnelle, il faut connaître les caractéristiques de celle-ci. On peut dénombrer sept facteurs qui jouissent d'un rôle permanent. Ceux-ci sont résumés à la figure suivante. On peut retrouver une description détaillée de ces facteurs au chapitre 2.3 de l'annexe 1.

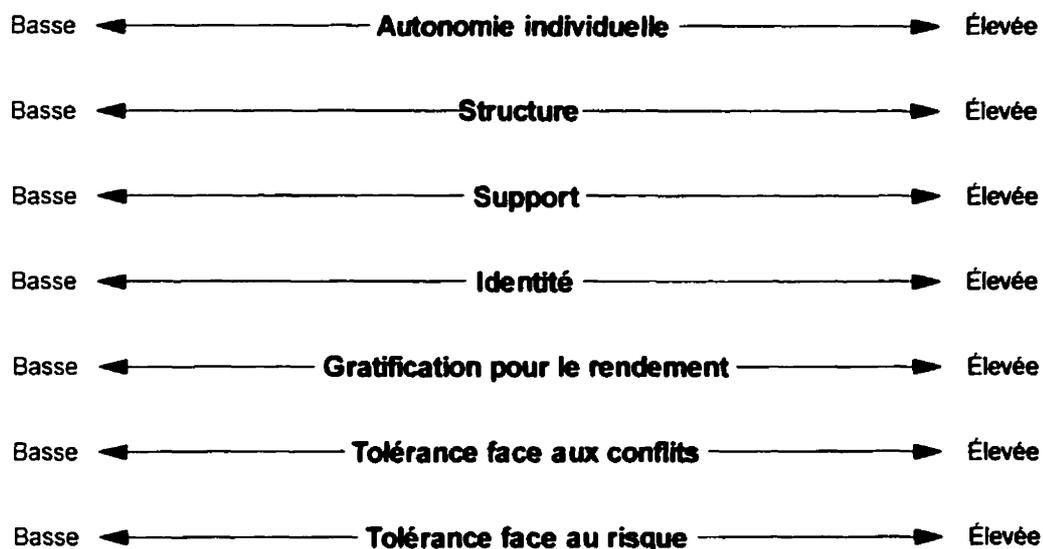


Figure 1.5 – Facteurs caractérisant la culture organisationnelle

En résumé, la relation entre ses différents facteurs reflète le portrait de la culture organisationnelle, c'est-à-dire la façon dont les énergies et les comportements des membres d'une organisation sont mobilisés. Dans le cas d'une implantation de l'ingénierie simultanée, il faut identifier les facteurs d'amélioration tout en s'appuyant sur ceux permettant de la facilité. Par contre, il ne faut pas s'attendre à des résultats immédiats; pour une entreprise d'envergure un changement de culture prend normalement de cinq à dix ans (Crow, 1994).

1.3 DÉFINITION DE LA STRUCTURE

Le changement de culture discuté précédemment est indispensable, car la façon de concevoir les produits se trouve modifiée. Un projet de conception, lors de l'application de l'ingénierie simultanée, devient le centre des efforts des différentes fonctions requises, tandis qu'avant, les projets progressaient d'un département à l'autre, ce qui dispersait les efforts. Afin de supporter efficacement le développement des produits, une structure appropriée s'avère nécessaire.

La structure recherchée doit pouvoir regrouper tous les éléments requis pour converger les efforts. En comparant le projet à une petite compagnie (Ashley, 1990), cette condition se trouve satisfaite. L'avantage de cette structure, est qu'elle permet d'amener le dynamisme nécessaire à la réussite du projet, un sentiment d'appartenance très fort et une responsabilité propre.

La structure proposée pour un projet de conception en aéronautique commence avec le client siègeant en haut de la pyramide. Le produit développé devra refléter ses besoins et ses attentes. Les équipes composées des différentes fonctions nécessaires au développement doivent répondre adéquatement à ces besoins. Le développement d'un avion va nécessiter un grand nombre d'équipes multidisciplinaires. Ces équipes sont regroupées par sections importantes d'avion comme l'aile, les différentes sections de fuselages, etc., et seront subdivisées par ses sous-systèmes (Bartz et Fields, 1992),

comme la structure, les systèmes mécanique, hydraulique, etc. Ensuite, afin d'amener le support approprié par son leadership et par sa vision, un chef d'équipe (*team leader*) est rattaché à chaque équipe. Chaque section d'avion aura sa propre équipe de gestion et une équipe d'intégration assure la cohésion de l'ensemble. Finalement, un comité directeur qui est lié directement à la haute direction, dirige l'ensemble des équipes et contrôle l'avancement des travaux. Tout le chapitre 3 de l'annexe 1 décrit en détail la composition de ces différentes équipes et les caractéristiques propres facilitant leur formation.

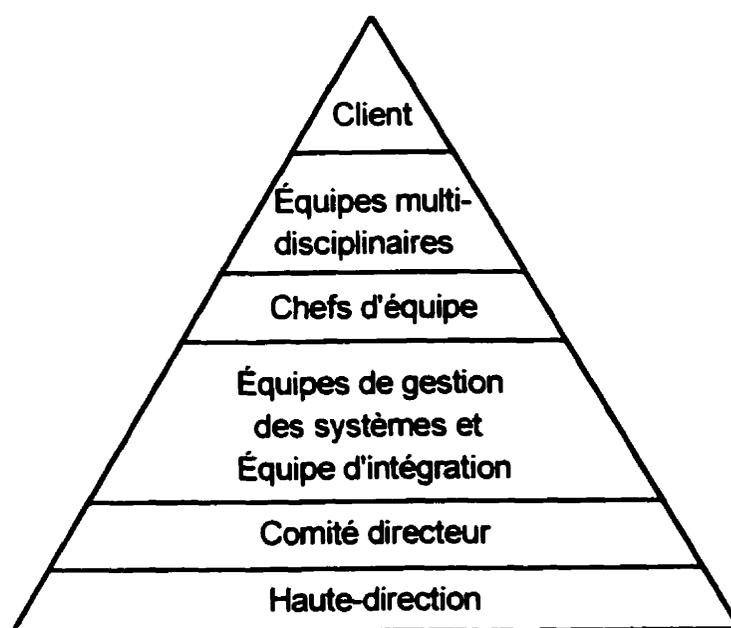


Figure 1.6 – Structure organisationnelle pour les projets d'envergure

1.4 DÉVELOPPEMENT DE L'INFRASTRUCTURE

1.4.1 DÉROULEMENT DU PROGRAMME STRUCTURÉ

Afin d'appuyer la structure définie à la section précédente, il faut déterminer un programme pour ordonner son déroulement. À partir de la revue de littérature, nous pouvons globalement regrouper les actions vers la réalisation d'un produit selon l'ingénierie simultanée en cinq étapes principales (voir la figure suivante). Ces étapes, l'initiation, la définition, la préparation, le développement et la finalisation, définissent le cheminement que tous les projets devront normalement pratiquer. De plus, ces étapes doivent se concrétiser selon un processus d'amélioration continue, ce qui permet au programme structuré de constamment évoluer.

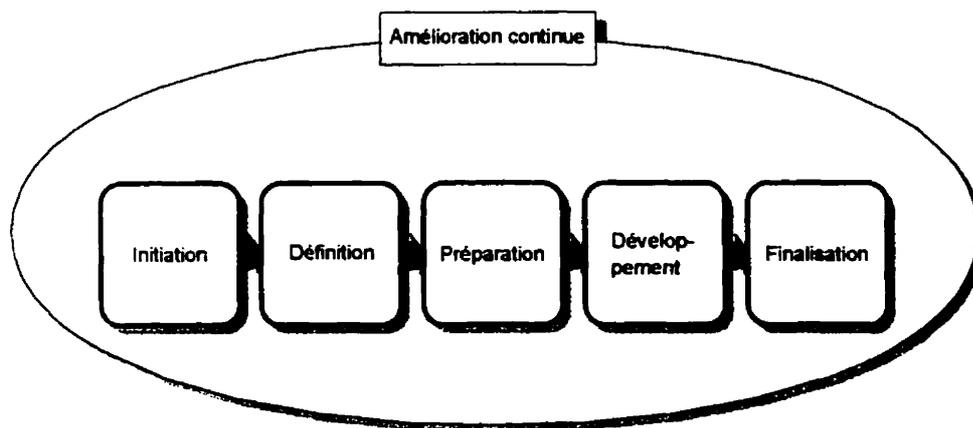


Figure 1.7 – Programme structuré

Au cours de l'étape d'initiation, la haute direction doit définir clairement la vision du projet qu'elle veut faire réaliser et la communiquer adéquatement (Ettlie et Stoll, 1990). Elle amène également les éléments globaux de performance désirée pour ce projet (Gatenby et autres, 1994). Ainsi, ce projet est initié par une opportunité notable tout en considérant les connaissances et l'expertise de base que possède l'entreprise. En procédant de cette manière, l'entreprise améliore constamment ce qu'elle fait de mieux.

La deuxième phase, la définition, se distingue par la formation du comité. Celui-ci étudie, tout d'abord, la capacité de l'entreprise et les différentes ressources disponibles afin d'éviter toute utilisation critique pour l'entreprise. De plus, le comité devra revoir les pratiques courantes actuelles, car celles-ci devront être compatibles avec la philosophie de l'ingénierie simultanée. Ensuite, en considérant la capacité et les ressources, tout en ne négligeant pas la vision et les éléments de performance établis par la haute direction, le comité directeur doit établir clairement un plan écrit, appelé *le plan d'affaires*. Également, le comité directeur devra choisir un *champion*¹ au sein du groupe. C'est lui qui possède et véhicule la vision du produit et la détermination de réaliser la conception du produit avec succès. Finalement, lors de la réalisation de projets de grandes envergures, celui-ci devra déterminer les équipes de gestion de système et l'équipe d'intégration afin que ces différents groupes puissent venir l'épauler pour définir adéquatement les requis nécessaires.

La troisième étape, la préparation, se distingue de la précédente, car elle se concentre sur la préparation des équipes multidisciplinaires à effectuer le développement. Tout d'abord, les chefs d'équipe doivent sélectionner soigneusement les membres de différentes fonctions de l'entreprise, de façon à les balancer adéquatement. Toutefois, l'acceptation de participer à une équipe multidisciplinaire appartient à chacun des membres et s'effectue sur une base volontaire. Ensuite, une formation intégrée de groupe devra être dispensée à chacun des membres avant de commencer formellement toute activité. Finalement, les membres devront définir les objectifs opérationnels à rencontrer à court terme et préparer un plan d'attaque basé sur le plan d'affaires.

En ce qui concerne le développement, les équipes multidisciplinaires sont prêtes à concentrer leurs efforts sur le développement du produit. Ces dernières définissent les spécifications fonctionnelles du produit répondant aux exigences des clients ciblés. Il faut examiner, ainsi, le maximum d'information avant d'effectuer le design, ce qui va permettre d'avoir un processus de conception plus discipliné, plus stable. De cette façon, les gens effectuant la conception allouent plus de temps à l'analyse et aux tâches conceptuelles, au lieu d'effectuer le design à la hâte et puis de faire les itérations nécessaires pour intégrer les données. En examinant la figure suivante, nous observons qu'en accordant plus de ressources pendant la définition du concept, nous diminuons le

¹ Ce terme provient de l'expression anglaise "*Product Champion*".

temps nécessaire à la réalisation des autres étapes.

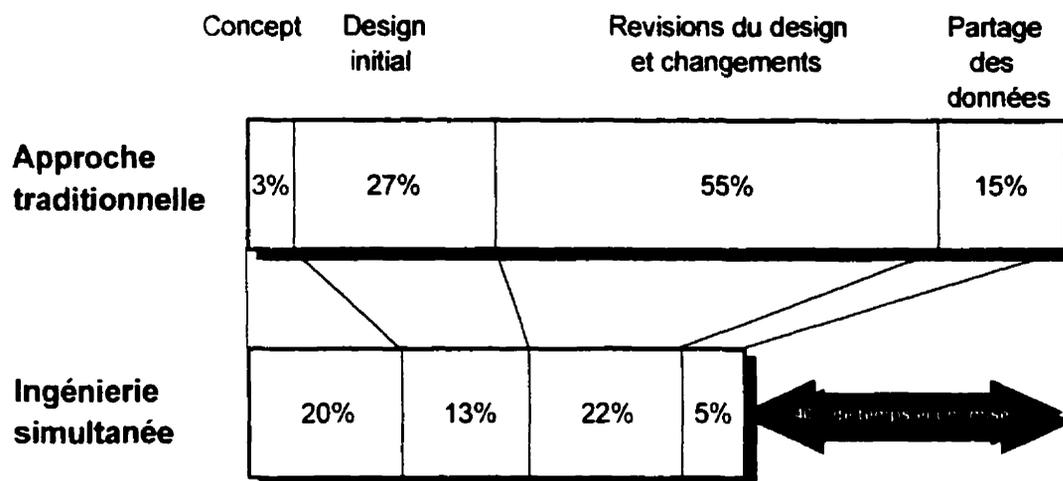


Figure 1.8 – Temps des activités relié au développement

Finally, during the last phase, finalization, the final assembly of the product is performed and it will be tested under various conditions of use made by the client. After the approval of the product for the market, the multidisciplinary teams take care of the transition of the product manufacturing to the current operations.

1.4.2 LE SYSTÈME DE CONTRÔLE

En général, pour effectuer le suivi d'un projet de développement, le déroulement de la conception est divisé en différentes étapes facilitant la progression du programme structuré (Clausing, 1994). Ces étapes sont soulignées par la finalisation d'une tâche ou par une date précise du programme structuré, et elles répondent chacune à un objectif précis relatif à celui-ci (Shina, 1994). Ainsi, à la fin de chaque étape, les équipes multidisciplinaires et les membres de la direction sélectionnée se réunissent afin de réviser le statut du projet en termes d'objectifs rencontrés, d'analyses et de recommandations. Ensuite, ils effectuent les prises de décisions qui s'imposent et prennent les engagements à considérer pour la prochaine étape. La compagnie Northern Telecom a développé une procédure particulière pour suivre le déroulement des projets: la procédure des barrières (*the Gate Process*) (Dransfield, 1994; Etlie et Stoll, 1990).

En résumé, le processus chez Northern Telecom comprend 4 phases principales: l'initiation du projet, la définition, le développement et la vérification. À chacune de ces phases correspond une barrière précise. En adaptant ce principe au programme structuré de l'ingénierie simultanée défini auparavant, nous obtenons la figure suivante :

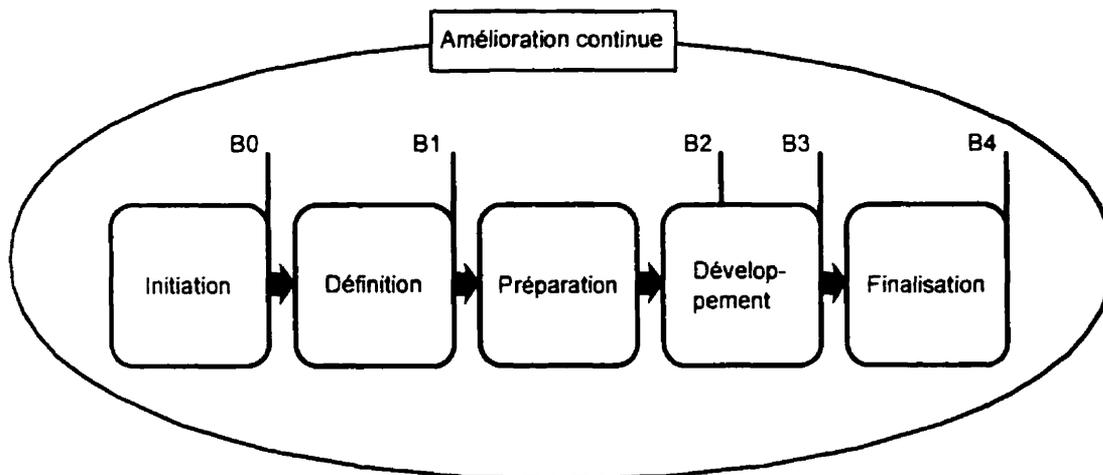


Figure 1.9 – Processus de barrières

- B0:** Cette barrière permet de sélectionner les projets correspondant à la stratégie globale de l'entreprise. Les personnes effectuant cette barrière proviennent de la haute direction.
- B1:** Celle-ci permet d'évaluer les éléments considérés dans le plan d'affaires, l'étude de la capacité des ressources de l'entreprise, etc. . Le comité directeur et/ou les équipes de gestion des systèmes et l'équipe d'intégration effectuent cette révision devant la haute direction.
- B2:** Les participants des prochaines barrières se distinguent par l'incorporation des équipes multidisciplinaires. Ces derniers dévoilent le statut du projet devant le comité directeur et/ou les équipes de gestion des systèmes et l'équipe d'intégration. En particulier, cette barrière permet de s'assurer que les spécifications fonctionnelles du produit sont définies convenablement et répondent bien aux exigences des clients, et que le concept de développement est établi en un système intégré.

- B3:** Cette barrière a pour but de vérifier le produit complété qui a été testé selon les conditions probables d'utilisation extrême faites par les clients potentiels sur le produit. Cette révision est la dernière concernant le produit avant de lancer le produit sur le marché préalablement ciblé.
- B4:** Cette dernière barrière consiste seulement à assurer que l'acceptation du produit sur le marché se déroule bien et qu'il n'y a pas de problèmes de service. Ainsi, les équipes multidisciplinaires transfèrent totalement la responsabilité du produit aux opérations courantes.

1.4.3 LES ÉLÉMENTS DE MESURE

Afin de pouvoir suivre la progression du processus de développement, certains éléments de mesure doivent être instaurés. Ainsi, on retrouve trois catégories d'éléments de mesure: les délais, les coûts et la qualité, au sens le plus large, du développement. On peut retrouver des exemples détaillés de ces éléments de mesure au chapitre 4.3.5 de l'annexe 1.

1.5 LES OUTILS DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Après avoir établi la structure et l'infrastructure appuyant l'ingénierie simultanée, il faut également se pencher sur l'utilisation et le développement d'outils utilisés par les membres des équipes multidisciplinaires afin de faciliter et solidifier la base de leurs actions quotidiennes. D'ailleurs, le chapitre 5 de l'annexe 1 couvre la fonctionnalité de chacun des outils énumérés dans cette section.

Outil d'aide à la décision

➤ Processus de sélection de concepts de Pugh

Cet outil visuel permet d'effectuer une sélection entre différents concepts selon une approche dynamique et itérative. En résumé, cette approche consiste simplement à comparer les concepts choisis à un concept de référence selon divers critères.

Outils d'analyse

➤ Analyse de défaillance

Outils graphiques utilisés pour faciliter l'analyse de ces critères comme les diagrammes causes-effets.

➤ Arbre de fonctionnalité

Cet outil décompose dans un diagramme les fonctions à entreprendre pour un concept.

➤ **Arbre d'anomalies**

Cet outil identifie les défauts de fonctionnalité pouvant résulter des actions à entreprendre.

➤ **Analyse des causes et effets des défaillances**

Cet outil traite une déféctuosité à la fois. Il évalue les caractéristiques comme la gravité, la probabilité, les causes, etc., d'un défaut de fonctionnalité en particulier et les présente dans un tableau exhaustif

Outils de développement

➤ **Intégration des besoins manufacturiers dans la conception (DFM, DFA, DFX)**

Philosophie très simple qui se résume ainsi : toute décision, grande ou petite, touchant la conception va avoir des conséquences sur la fabrication, la productivité et le cycle de maintenance du produit. Ainsi, une entreprise ne peut atteindre des objectifs de qualité et de coûts en isolant la conception et les opérations de fabrication et d'assemblage. D'ailleurs, on peut également considérer dans ce concept toute autre considération concernant la performance et la fonctionnalité du produit.

➤ **Conception assistée par ordinateur**

Outil informatique fournissant en tout temps une représentation géométrique complète d'une pièce ou d'un assemblage. De plus, cette modélisation répond aux besoins pressants de communication et d'information au cours de la définition des concepts et de différentes phases de développement.

➤ **Processus automatisé d'établissement des méthodes de production**

Système expert automatisant l'établissement des méthodes de fabrication et d'assemblage (*Automatise Process Planning*) à partir de l'information générée des logiciels CAO.

Outil d'intégration

➤ Déploiement de la fonction qualité (QFD)

Cet outil graphique conduit une approche structurée et disciplinée permettant d'intégrer les besoins et les désirs spécifiques des clients, souvent appelés la voie du client, à travers chaque étape de conception et d'introduction d'un nouveau produit. La QFD est intimement liée à l'ingénierie simultanée puisque pour réussir à recueillir, interpréter, documenter et établir les priorités concernant la voie du client, la collaboration de tous les services est nécessaire et ce, dès le début de la définition de la conception.

CHAPITRE 2 – PORTRAIT DE BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE

Après avoir défini le modèle de l'ingénierie simultanée et de ses outils, les chapitres suivants se penchent principalement sur l'évaluation d'effectuer une implantation de cette approche chez Canadair – une division de Bombardier Aéronautique. Le présent chapitre trace sommairement le portrait de l'évolution de cette division et de l'engagement de Bombardier Inc. dans le monde de l'aéronautique.

Les prochains chapitres évaluent deux variables à étudier lors d'une implantation de l'ingénierie simultanée. La première variable concerne l'étude de la culture d'entreprise. Celle-ci est mesurée à l'aide d'un questionnaire distribué directement aux employés de différents services. La deuxième variable englobe des sujets concernant la structure de Bombardier Aéronautique mise de l'avant pour démarrer et gérer un programme de développement d'un nouvel avion. Ainsi, les sujets abordés porteront sur le processus d'affaires, la structuration des services et la gestion de l'information, le tout encadré à l'aide d'observations réalisées au cours d'un projet de développement d'un nouvel avion le Canadair Regional Jet de série 700.

Ce nouvel avion confirme la position de Bombardier Aéronautique comme troisième avionneur civil au monde dont les premières places sont occupées par le géant Boeing et le conglomérat Airbus. Cette position enviable fait suite à la fusion des avionneurs Boeing et McDonnell Douglas. Bombardier aéronautique est un groupe de la

société Bombardier Inc qui doit tendre à occuper une place de premier rang dans le monde de l'industrie du matériel de transport et des produits connexes. Au total, cinq groupes convergent pour former cette compagnie, qui génère des revenus de 11,5 milliards de dollars en date du 31 janvier 1999 et embauche plus de 53 000 employés à travers le monde. On retrouve certes le groupe Bombardier Aéronautique, mais également le groupe Bombardier Produits Récréatifs qui offre des produits tels que des motoneiges, des motomarines, des bateaux sport, des véhicules tout-terrain, des voitures électriques et des véhicules utilitaires. Le groupe Bombardier Transport, quant à lui, s'intéresse au domaine du matériel de transport sur rail et offre une gamme complète de véhicules destinés au transport-passagers urbain, de banlieue et interurbain ainsi que des systèmes de transport en commun clés en main. De plus, le groupe Bombardier Capital regroupe, entre autres, les activités de financement garanti de stocks, de location d'avions et d'équipements, de services de véhicules ferroviaires et de gestion des technologies. En dernier lieu, on retrouve le nouveau groupe, Bombardier International, s'occupant d'accentuer l'expansion de la compagnie dans de nouveaux secteurs géographiques

L'apparition de Bombardier Inc. dans le monde de l'aéronautique a débuté par l'acquisition de Canadair Limitée en décembre 1986. Ensuite, en octobre 1989, la compagnie Short Brothers de Belfast en Irlande du Nord devient la deuxième acquisition de Bombardier. Cette compagnie est le plus ancien avionneur du monde. Puis, en juin 1990, la famille de Bombardier Aéronautique s'agrandit avec la venue de Learjet à

Wichita au Kansas. Cette dernière se révèle une des pionnières de l'industrie des avions d'affaires à réaction. Par la suite, Bombardier obtient 51 pour cent des parts de la compagnie de de Havilland de Toronto. Ces parts ont été achetées aux mains de Boeing. Finalement en 1997, Bombardier devient le propriétaire unique de de Havilland. Cette compagnie est reconnue comme chef de file de l'aviation régionale.

Ainsi, ces quatre avionneurs forment la grande famille de Bombardier Aéronautique. Ensemble, ils totalisent 250 années d'histoire et près de 14 000 avions livrés jusqu'à maintenant. De plus, les revenus de Bombardier Aéronautique, pour l'exercice clos le 31 janvier 1999, s'élèvent à 6,4 milliards de dollars, comparativement à 4,9 milliards de dollars l'année précédente. Cette augmentation de 32 % des revenus provient principalement d'une hausse des livraisons d'avions. Cette observation survient sans compter que le bénéfice avant impôt a augmenté de 42 % atteignant ainsi 681,9 millions de dollars. Également, le futur de Bombardier Aéronautique apparaît prometteur avec un carnet de commande garni totalisant 16,2 milliards de dollars.

Cette aventure commença avec les débuts de la division de Canadair en 1944 lorsqu'un groupe d'employés de la division aéronautique de la société Canadian Vickers fondent l'entreprise Canadair Limited. Canadian Vickers voulant se départir de certaines de ses installations, se concentre alors sur son champ d'expertise principal, les chantiers navals. Les employés de Canadair prennent en main la direction de l'usine de Cartierville, propriété de l'État, et se concentrent sur la fabrication et l'adaptation de

produits provenant d'autres entreprises. Par exemple, la conversion après la guerre des avions C-47/DC-3 en 1944 et en 1946 la fabrication du transporteur quadrimoteur long-courrier, le North Star.

Par contre, le 15 septembre 1946, le gouvernement canadien autorise la vente de Canadair au fabricant de sous-marins américains, Electric Boat Company, de Groton au Connecticut. Ensuite, avec l'achat de Convair six ans plus tard, Electric Boat forme la division General Dynamics avec Canadair. Sous cette bannière Canadair a participé à la production du chasseur Sabre F-86, de l'avion d'entraînement à réaction de série T-33AN de Lockheed, l'avion de patrouille maritime et de défense anti-sous-marine Argus CL-28, l'avion militaire de transport Yukon CL-44, l'avion de transport Cosmopolitain CL-66, l'avion de transport à queue pivotante CL-44D4 et CL-44J et les chasseurs CF-104 et CF-5A. En plus de travailler sur ces appareils, General Dynamic s'est penché sur la fabrication de missiles Bomarc, de composants de sous-marins nucléaires, de véhicules militaires à chenilles et de la sous-traitance auprès de Boeing. Trois modèles d'avion ont complètement été conçus et fabriqués par Canadair, l'avion d'entraînement Tutor CL-41 encore en service aujourd'hui dans l'armée canadienne avec les célèbres Snow Birds, le CL-84 un avion à décollage et à atterrissage courts et verticaux et le CL-215 un avion amphibie multimission servant, entre autres, à la lutte contre les incendies. D'ailleurs, cet avion se révèle le programme le plus long de Canadair puisqu'il a duré plus de 21 ans.

Le 5 janvier 1976, le gouvernement canadien acquiert à nouveau Canadair, suite aux incidences graves de la récession affectant l'industrie aéronautique et à la guerre du Vietnam. Le 29 octobre suivant, le gouvernement donne son accord pour concevoir un nouvel avion d'affaires à réaction, le Challenger. Cet avion ouvre la porte à Canadair sur le marché de l'avenir. Il est le premier avion d'affaire à large fuselage ayant une voilure perfectionnée et doté de turboréacteurs. Le premier vol s'est effectué le 25 mai 1978.

Finalement, en 1986 le gouvernement annonce la vente de Canadair à Bombardier Inc. Celle-ci s'est produit le 23 décembre et s'est transigé à 120 millions de dollars incluant d'autres contreparties financières. C'est sous cette bannière que le Canadair Regional Jet à 50 places démarre. Le lancement de programme s'effectue le 31 mars 1989 avec 56 commandes fermes et 6 options, et, le 10 mai 1991, cet avion prend son envol. Ensuite, le 16 octobre de la même année, Canadair lance un nouveau programme, le CL-415 qui se résume à une version améliorée et turbopropulsée du CL-215, l'avion multimission. Le prochain programme dont Canadair va participer activement est le Global Express. Cet avion est un biréacteur d'affaires à très long courrier. Le lancement du programme s'effectuera le 20 décembre 1993 et le premier vol, le 13 octobre 1996. Finalement, le dernier programme entrepris par Canadair est une version allongée de 70 passagers du Regional Jet à 50 places. Le Canadair Regional Jet de série 700, dont le lancement de programme s'est effectué le 21 janvier 1997, sera abordé au cours du chapitre 4.

CHAPITRE 3 - ÉTUDE DE LA CULTURE DE CANADAIR

Pour faciliter l'implantation de l'ingénierie simultanée, la culture organisationnelle doit créer un environnement favorable. La difficulté d'évaluer cette culture provient du fait qu'elle est basée sur la perception, l'attitude et les croyances des gens qui y travaillent. Alors, il faut utiliser les statistiques qui permettent de décrire et d'analyser les données de l'observation et de dégager des conclusions utiles permettant l'élaboration de recommandations (Ouellet, 1994).

En conséquence, l'outil utilisé pour mesurer cette culture se révèle être un questionnaire qui sera distribué aux employés de Bombardier Aéronautique. Le questionnaire est un moyen efficace d'amasser de l'information à la condition de savoir exactement ce que l'on veut mesurer (Sekaran, 1994). Ainsi, le questionnaire a pour but de mesurer les sept facteurs définis au chapitre 2 concernant la culture organisationnelle et la perception des employés de Bombardier Aéronautique sur les concepts reliés à l'ingénierie simultanée.

Puisque l'étude fut effectuée sur la valeur et la perception de gens, celle-ci se présente de façon descriptive. De plus, ces caractéristiques sont étudiées pour décrire leur propre milieu de travail, donc, aucune variable n'a été manipulée. Finalement, trois documents ont servi de guide pour la réalisation de ce questionnaire, c'est-à-dire ceux de Uma Sekaran, Donald E. Carter et Barbara Stilwell Baker, et Michel Cambron.

3.1 CONCEPTION DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire¹ est composé de 68 questions que l'on peut regrouper principalement en quatre sections. Chaque question a été formulée de façon simple pour que tous les employés de Canadair puissent bien les comprendre et sans dépasser une vingtaine de mots. De plus, deux règles ont été généralement appliquées pour la séquence des questions:

- . questions générales vers celles plus explicites
- . questions plus faciles à répondre vers celles étant plus difficiles

La première section qui comprend 6 questions concerne les informations personnelles du répondant. Ces dernières servent à classer les données obtenues qui permettent de décrire les caractéristiques de l'échantillon. Puisque ce sont des informations objectives comme l'âge, le sexe, le nombre d'années de service, etc., les questions sont simples et directes. Le choix de mettre cette section en premier est de permettre au répondant de commencer facilement, de graduellement augmenter sa concentration et d'avoir un certain sentiment d'appartenance avec le questionnaire, puisqu'il fournit des données personnelles².

¹ La copie du questionnaire se trouve à l'annexe 1 avec la page d'introduction.

² Cette tactique permet de responsabiliser le répondant relativement aux questions suivantes, ce qui peut permettre la réduction de résultat biaisé.

La deuxième partie regroupe les questions concernant les sept facteurs de la culture organisationnelle. Le contenu des questions se compose globalement de perceptions, d'attitudes et de croyances, donc de natures subjectives. Afin de bien saisir toute la dimension des différents concepts, le répondant se retrouve devant 45 énoncés qu'il doit évaluer. Ainsi, ces énoncés correspondent à des questions fermées. Six choix se présentent au répondant; de fortement en désaccord à fortement d'accord. Le fait d'avoir un nombre pair dans le choix des réponses, oblige le répondant à prendre une décision en faveur ou contre l'énoncé puisqu'il n'y a pas de réponse neutre. La plupart des énoncés sont formulés de façon affirmative, sauf quelques énoncés négatifs qui sont insérés à certains intervalles afin d'empêcher l'effet de halo³. Enfin, les questions sont mélangées pour qu'elles ne puissent diriger le répondant dans ses choix de réponses.

La partie suivante concerne exclusivement les concepts touchant l'ingénierie simultanée. Elle est composée d'un mélange de questions objectives et subjectives qui comprend au total 15 questions. Les questions objectives concernent la connaissance de l'ingénierie simultanée et de ses outils, tandis que les questions subjectives évaluent la perception des gens connaissant l'ingénierie simultanée. Dans le dernier cas, les questions ont été également mélangées entre les concepts.

³ Tendence de certains répondants à continuellement répondre à une extrémité des choix proposés.

La dernière partie renferme seulement 2 questions. Le premier point est une question ouverte offrant l'espace requis au répondant pour amener des commentaires. Par contre, le deuxième point est une question fermée afin d'évaluer l'appréciation du répondant en regard au questionnaire.

Le questionnaire comprend neuf pages en tout; huit pour le questionnaire lui-même et une page d'introduction. La page d'introduction informe les répondants de l'objectif visé par le questionnaire et assure la confidentialité de celui-ci. De plus, elle comporte la signature des deux directeurs de ressource humaine de Canadair afin d'officialiser ce dernier aux yeux des répondants. Le questionnaire est offert aux répondants en français et en anglais afin d'aller chercher le taux de réponse le plus élevé possible. Cette traduction a été réalisée par un professionnel afin de limiter une formulation biaisé de la version anglaise.

3.2 PLAN DU QUESTIONNAIRE

	NUMÉRO DES QUESTIONS
IDENTIFICATION DE L'INDIVIDU	1 à 6
 AUTONOMIE INDIVIDUELLE	
PRISE DE DÉCISION	
. participation	22
. implication dans le processus	33
RESPONSABILISATION	
. planification du travail	14
. résultats	26
. approbation du travail	37
 STRUCTURE	
ORGANISATIONNELLE	
. rôles et responsabilités	7
. système manufacturier de Bombardier	49
. système d'ingénierie de Bombardier	50
. ISO9001	51
DÉPARTEMENTALE	
. procédures	15
. définition des tâches	18
. établissement des priorités	23
PROCESSUS CONCEPTION/FABRICATION/SUPPORT À LA CLIENTÈLE	
. connaissance	9
. entrées et sorties	39
. spécifications	28
. besoins des clients	17

**NUMÉRO
DES QUESTIONS**

APPUI

FORMATION

- . nouvelles tâches 10
- . procédures courantes 34
- . outils de travail 38

SUPERVISION

- . consultation 46
- . conseil 41
- . outils et moyens 24
- . aide générale 47

IDENTITÉ

AU NIVEAU DE L'ENTREPRISE

- . besoins des clients 8
- . sentiment d'appartenance 43
- . objectifs de la compagnie 11

AU NIVEAU DES SERVICES

- . langage 48
- . impact des décisions 35

GRATIFICATION POUR LE RENDEMENT

EN GÉNÉRAL

- . contribution 12
- . succès 25

EN PARTICULIER

- . évaluation selon des critères précis 19
- . discussion ouverte 30
- . rétroaction 40

**NUMÉRO
DES QUESTIONS**

TOLÉRANCE QUANT AUX CONFLITS

COLLABORATION	
. entre les services	27
. individuelle	20
. préparation	31
RESPECT	
. critique	13
. récompense	44

TOLÉRANCE QUANT AU RISQUE

APPUI DE LA DIRECTION	
. tolérance vis-à-vis de l'échec	16
. risques calculés	21
. processus différents	29
. amélioration continue	36
ENCOURAGEMENT À L'INNOVATION	
. pression à innover	42
. recherche de nouvelles idées	32
. attribution de ressources	45

L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

CONCEPT	
. connaissance	52
. définition et notions de base	53
processus	a), e) & i)
équipes multidisciplinaires	d), g), h) & k)
délais, coûts et qualité	b), f) & j)
. perception des répondants	
perte de compétences propres	l)
implantation à Canadair	c)

**NUMÉRO
DES QUESTIONS****LES OUTILS**

. connaissance	54
. utilisation	55
. appréciation	56

3.3 CARACTÉRISTIQUES DU QUESTIONNAIRE**3.3.1 LA POPULATION**

L'étude fut réalisée au centre administratif et à l'usine de Dorval de Bombardier Aéronautique. Les questionnaires ont été distribués aux employés travaillant dans les services suivants: achats, les différents groupes d'ingénierie, marketing, méthodes planification des matières et travaux, production, qualité et service à la clientèle. Le nombre total d'employés se situe à environ 2500.

L'échantillonnage fut réalisé de façon stratifiée, c'est-à-dire que chaque groupe représente une strate ou un sous-groupe. Un sous-groupe est composé d'un ensemble d'éléments, d'événements ou d'individus qui possèdent des caractéristiques d'homogénéité. En conséquence, chacun des sous-groupes sera divisé selon leur appartenance à un service, puisque les individus partagent les mêmes tâches, la même organisation, le même langage, etc.

Le but de procéder par échantillonnage stratifié est d'avoir un échantillonnage plus représentatif (Colin et autres, 1995). En particulier, on assure la présence proportionnelle des différents sous-groupes de la population ce qui confère que le nombre de questionnaires distribués par service se révèle équitable. La formule employée pour calculer ces strates s'exprime simplement :

$$n_x = \frac{\text{quantité du sous-groupe} \times \text{nombre de questionnaires}}{\text{population}}$$

n_x représente l'échantillon par strate

Au départ, avant d'obtenir la quantité approximative d'individus par service, le nombre de questionnaires a été fixé à 400 avec les responsables des ressources humaines. De plus, nous nous étions entendus sur le fait qu'un nombre minimal de 20 questionnaires était distribué par service pour que l'échantillonnage des sous-groupes soit représentatif. Par contre, après avoir obtenu les données par chacune des strates, le nombre de questionnaires a été négocié de nouveau à 600. Cette augmentation s'explique simplement par la présence de sous-groupes très petits par rapport aux autres. Par exemple, le service à la clientèle comporte 75 employés (voir le tableau suivant où N correspond au nombre total d'employés et n à l'échantillon utilisé). Ainsi, afin de s'approcher du nombre minimal de 20 questionnaires par service, le nombre total de questionnaires a augmenté de 50 %.

$$n_{\text{service à la clientèle}} = \frac{75 \times 400}{2500} = 12 \text{ questionnaires}$$

$$n_{\text{service à la clientèle}} = \frac{75 \times 600}{2500} = 18 \text{ questionnaires (ce qui est près de 20)}$$

Tableau 3.1 - Définition de l'échantillonnage par services

Définition de l'échantillon		
Services	N	n
Achats	150	36
Ingénierie / groupe conception et systèmes	180	43
Ingénierie / groupe technique et expérimental	200	48
Ingénierie / groupe projet	500	120
Méthodes	155	37
Planification des matières et travaux	80	20
Production	1025	246
Qualité	135	32
Service à la clientèle	<u>75</u>	<u>18 → 20</u>
	2500	602

3.3.2 ERREURS DUES À L'INSTRUMENT DE MESURE

En premier lieu, avant de distribuer le questionnaire, il faut s'assurer que cet instrument de mesure est valide. La validité apparaît lorsque l'instrument mesure ce qu'il est sensé mesurer (Colin, 1995), c'est-à-dire que les questions ne doivent pas

contenir de pièges incitant le répondant à répondre dans un sens, comme des questions à connotation péjorative. En deuxième lieu, l'instrument de mesure doit s'avérer fidèle. Ainsi, il devrait normalement obtenir une réponse similaire s'il était utilisé dans deux situations similaires.

Afin de garantir la fidélité et la validité du questionnaire, 10 employés provenant des services suivants, achats, planification des matières et travaux et méthodes, ont consolidé la formulation du questionnaire afin d'identifier les questions mal formulées, comportant une ambiguïté, les questions amenant deux réponses possible et les questions dirigeant les répondants vers un choix de réponse. De plus, le questionnaire a été approuvé par le directeur de maîtrise, le codirecteur de maîtrise, le supérieur immédiat de l'auteur, les directeurs des ressources humaines (fabrication et ingénierie) de l'usine de Dorval et du centre administratif de Bombardier.

3.3.3 EREURS DUES À LA MÉTHODE D'ÉCHANTILLONAGE

La méthode d'échantillonnage doit permettre à l'échantillon de représenter adéquatement la population. Dans le cas qui nous intéresse, la population a été brisée de façon stratifiée afin de préserver la répartition de chaque service, comme il a été mentionné plus tôt. De plus, la remise des questionnaires n' a pas été faite par le sondeur, mais par les superviseurs des différents travailleurs. Ils leur ont été

particulièrement spécifiés de ne pas choisir les répondants; la distribution devait être effectuée le plus aléatoirement possible.

3.3.4 ERREURS DUES À L'ORGANISATION

Afin d'éviter ce type d'erreur, il faut absolument s'assurer que les mêmes conditions d'échantillonnage prévalent lors de la collecte de données. La meilleure façon d'y arriver est en surveillant le processus de près. Tout d'abord, un entretien détaillé a été réalisé avec la direction de chacun des services afin de leur expliquer clairement le but de l'exercice, le contenu du questionnaire et que la démarche est approuvée par le service des ressources humaines. Ensuite, nous nous sommes assurés de répondre à toutes les questions du responsable. Finalement, un suivi a été effectué afin de voir s'il n'y a pas eu de problèmes dans la distribution des questionnaires.

3.4 DISTRIBUTION ET RÉCEPTION DES QUESTIONNAIRES

Les questionnaires ont été distribués durant les semaines du 3 au 14 février 1997 à tous les services durant les heures de bureau. Les questionnaires ont été donnés à la direction de chaque service qui assurait la distribution aux employés. Une enveloppe de

courrier interne identifiée pour le retour du questionnaire est fournie avec chacun des questionnaires afin de montrer clairement qu'ils sont anonymes et confidentiels.

En comparant avec les autres types d'instrument de mesure, le niveau de taux de réponse attendu devrait se situer entre 50 % et 60 %. Ces méthodes sont les entrevues téléphoniques avec un taux de réponse de 50 %, 60 % par entrevue directe et 20 % par courrier (Colin, 1995). La performance du présent questionnaire devrait se comparer aux entrevues téléphoniques et directes, puisque celui-ci est réalisé directement à l'interne de Canadair et que le projet est véhiculé par la direction.

L'objectif a été atteint puisque le taux de réponse total a été de 50,8 % (voir le tableau suivant). Par contre, en observant le tableau attentivement nous pouvons observer trois problèmes qui sont survenus avec les répondants.

Tableau 3.2 - Représentation du taux de réponse initial par services

Taux de réponses par services			
Services	Nombre de questionnaires envoyés	Nombre de questionnaires répondus	Taux de réponses
Achats	36	19	52.8%
Ingénierie / groupe conception et systèmes	43	36	83.7%
Ingénierie / groupe technique et expérimental	48	53	110.4%
Ingénierie / groupe projet	120	0	0%
Méthodes	37	35	94.6%
Planification des matières et travaux	20	18	90%
Production	246	99	40%
Qualité	32	30	93.8%
Service à la clientèle	<u>20</u>	13	65%
(répondants sans services)		<u>2</u>	
TOTAL	602	305	50.8%

Tout d'abord, deux répondants ont omis ou oublié d'inscrire le service pour lequel ils travaillent; dans le tableau, ils ont été identifiés comme répondants sans service. La solution envisagée est de ne pas produire de statistiques individuelles pour ce nouveau groupe. Puisqu'il n'y a que deux répondants sans service, les données recueillies seraient non représentatives et ne correspondent pas à une strate particulière comparable aux autres. Par contre, leurs données seront intégrées dans les statistiques globales.

Ensuite, nous observons un sous-groupe, Ingénierie/groupe technique et expérimental, se retrouvant avec 110 % de taux de réponse. Cette situation se révèle peu probable puisqu'il a été vérifié si des photocopies des questionnaires ont été faites.

Après vérification par la direction auprès des employés, personne n'avait réalisé de photocopies du questionnaire. Par contre, il semble qu'il est survenu une certaine confusion dans la distribution des questionnaires. Physiquement, les services d'ingénierie du groupe conception et systèmes et du groupe technique et expérimental étaient localisés un à côté de l'autre et dépendaient de la même supervision. Il a alors été convenu que les statistiques concernant ces deux groupes seront regroupées.

Finalement, un sous-groupe, Ingénierie/groupe projet, a obtenu un taux de réponse de 0 %. Cette situation est également très improbable pour plusieurs raisons. Premièrement, ce service est le deuxième service ayant le plus d'employés à son actif. Il est facilement envisageable de s'attendre à au moins une réponse de ce groupe. Deuxièmement, le service de production se révélait comme étant sûrement le service le moins réceptif au questionnaire en ayant un niveau d'éducation moindre et un intérêt moins marqué culturellement au niveau de la conception. Ainsi, ce service a obtenu un taux de réponse de 40 % ce qui est de loin supérieur au résultat d'Ingénierie/groupe projet de 0 %. Troisièmement, quelques mesures ont été mises en branle afin d'augmenter le taux de réponse comme fournir un questionnaire bilingue puisque ce service est composé de beaucoup d'individus anglophones et que chacun des questionnaires était accompagné d'une enveloppe de réponse de courrier interne, ainsi il suffisait aux gens de le remplir et de le renvoyer. Donc, nous suspectons fortement qu'un problème est survenu lors de la distribution des questionnaires auprès de ce

groupe, malgré une entente avec la direction et un suivi adéquat. Alors, nous sommes dans l'obligation d'éliminer cette catégorie pour mener à bien cette étude.

Après avoir réalisé les ajustements proposés, les nouveaux résultats sont présentés dans le tableau suivant. En éliminant le groupe ingénierie/groupe projet, le taux de réponses a grimpé significativement à 63.3 %. Ce taux de réponse est excellent puisqu'il confère un intérêt certain pour le projet de la plupart des employés. D'ailleurs, tous les sous-groupes ont répondu avec plus de 50 %, sauf le sous-groupe production. Ce sous-groupe, comme il a été mentionné ci-dessus, avait été identifié comme la strate qui aurait le plus faible taux de réponse.

Tableau 3.3 - Représentation du taux de réponses ajusté par services

Taux de réponses révisé par services

Services	Nombre de questionnaires envoyés	Nombre de questionnaires répondus	Taux de réponses
Achats	36	19	52.8%
Ingénierie	91	89	97.8%
Méthodes	37	35	94.6%
Planification des matières et travaux	20	18	90%
Production	246	99	40%
Qualité	32	30	93.8%
Service à la clientèle	20	13	65%
(répondants sans services)		2	
TOTAL	482	305	63.3%

3.5 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

Au début du questionnaire, les répondants devaient couvrir quelques questions d'ordre personnel. Ces questions se résument au niveau de scolarité, au nombre d'années d'expérience, au nombre d'entreprise travaillée avant Bombardier, à l'âge du répondant et son sexe. Ces données ont été compilées afin de comprendre le profil des gens composants l'échantillon et les sous-groupes. D'ailleurs, lorsqu'on observera des réponses évaluant l'organisation très négativement, une étude statistique sera réalisée pour tenter de cerner l'existence de caractéristiques très prononcées. Ainsi, il sera plus facile pour l'organisation de cibler à l'intérieur de chacun des services ces caractéristiques et de concentrer les efforts adéquatement vers une résolution efficace des problèmes.

De façon générale, nous retrouvons un échantillon principalement masculin (voir la figure 41) puisque celui-ci correspond à une proportion de 83.6 %. Les seuls services possédant un pourcentage plus élevé de répondants féminins, sont les achats avec 52.6 % et planification des matières et travaux avec 44.4 %.

Au niveau de l'âge, présenté à la figure 42, l'échantillon est composé principalement d'adultes moyennement âgés, c'est-à-dire avec une catégorie 26 à 35 ans avec 42.6 % et une autre de 36 à 45 ans avec 36.4 %. Dans les services se retrouvant majoritairement dans la catégorie 26 à 35 ans, on observe les achats avec 73.7 %, le

service à la clientèle avec 53.8 %, ingénierie avec 43.8 % et production avec 43.4 %. Les autres se retrouvent dans l'autre catégorie : planification 61.1 %, qualité 50 % et méthodes 48.6 %.

De plus, en observant la figure 43, l'échantillon peut se caractériser comme étant relativement bien scolarisé: Cégep 37 % (avec qualité 70 % et méthodes 68.6 %), baccalauréat 29.2 % (avec ingénierie 67 % et les achats 47.4 %) et secondaire 22.3 % (planification 50 % et production 48.5 %). Seul le service à la clientèle se démarque entre deux catégories, c'est-à-dire Cégep 53.8 % et baccalauréat 46.2 %.

En ce qui concerne le nombre d'années d'expérience, illustré par la figure 44, on dénote que l'échantillon est assez peu expérimenté, c'est-à-dire 1 à 5 ans d'années d'expérience avec 45.6 %. Seuls les services de qualité, planification et service à la clientèle semblent avoir une bonne répartition au niveau de l'expérience des employés.

Finalement, au niveau de l'expérience autre que Canadair, on observe également que le bagage d'expérience est peu élevé. La catégorie 1 à 2 entreprises pour l'ensemble des services prédomine confortablement avec 55.7 %. Un fait à remarquer est que les services d'ingénierie et de méthodes possèdent la plus grande proportion d'employés dans la catégorie aucune entreprise, c'est-à-dire 27 % et 28.6 % respectivement. En dernier lieu, la catégorie 3 à 4 entreprises s'impose au niveau des services achats 31.6 % et production 25.3 %.

En regardant de façon générale ces caractéristiques, celles-ci sont consistantes entre elles. En effectuant un parallèle avec les catégories jeunes adultes assez scolarisés, nous ne pouvons nous attendre qu'à des gens ayant peu d'expérience à Canadair et sur le marché. Donc, en ayant des réponses consistantes entre elles en cette matière, nous pouvons être rassurés sur la qualité des réponses tout au long du questionnaire.

Sexe des répondants

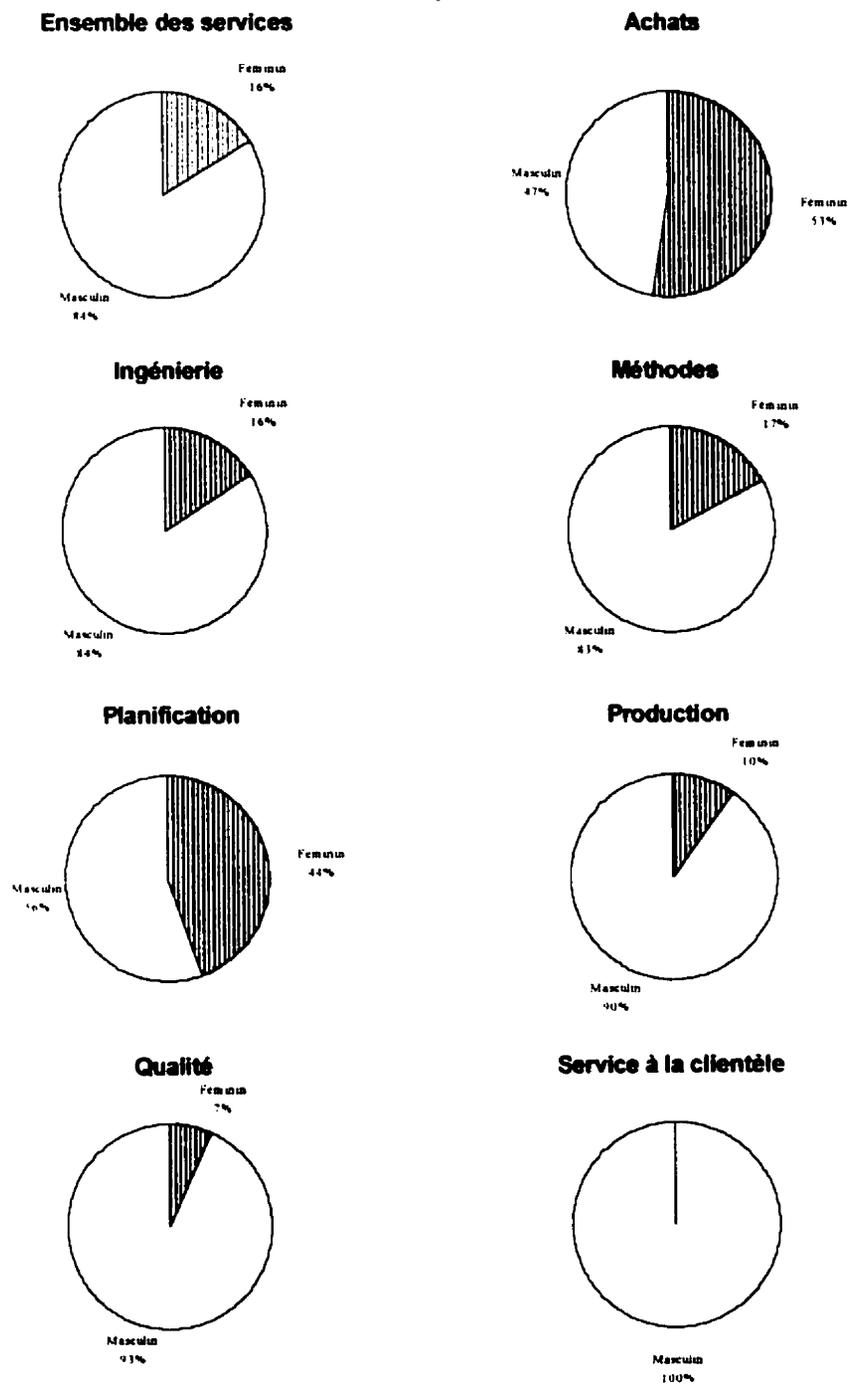


Figure 3.1 - Graphique représentant le sexe des répondants par services

Âge des répondants

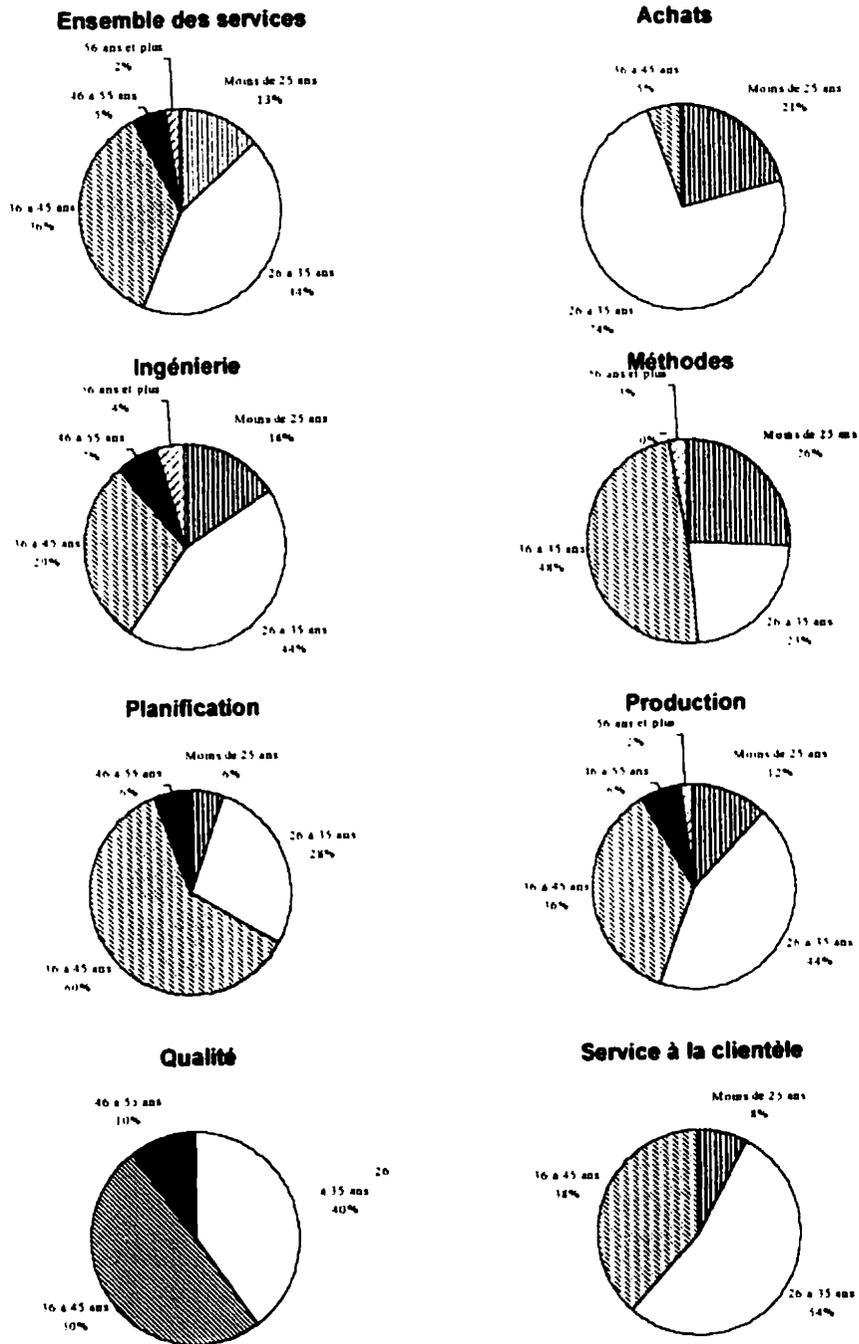


Figure 3.2 - Graphique représentant l'âge des répondants par services

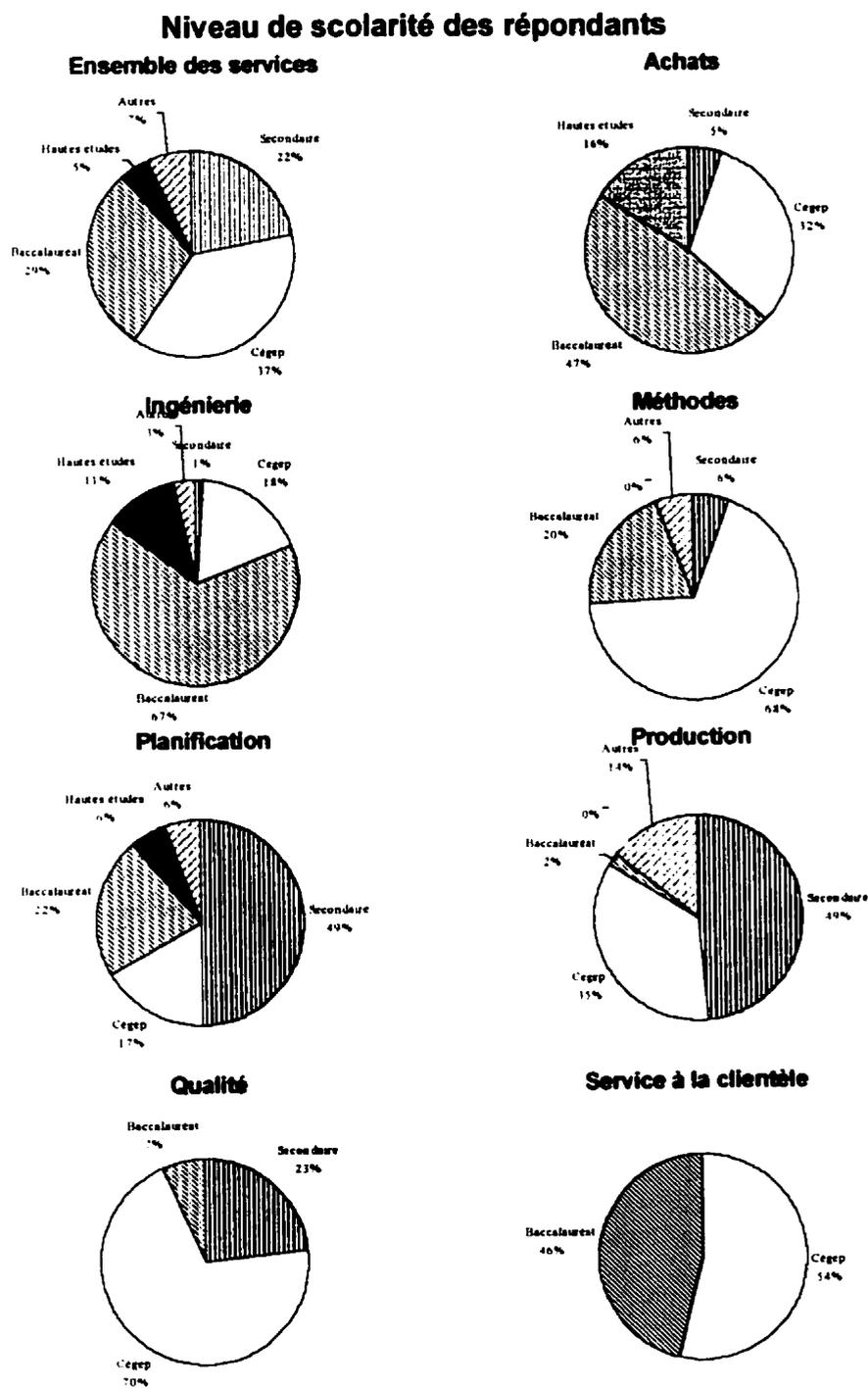


Figure 3.3 - Graphique représentant le niveau de scolarité des répondants

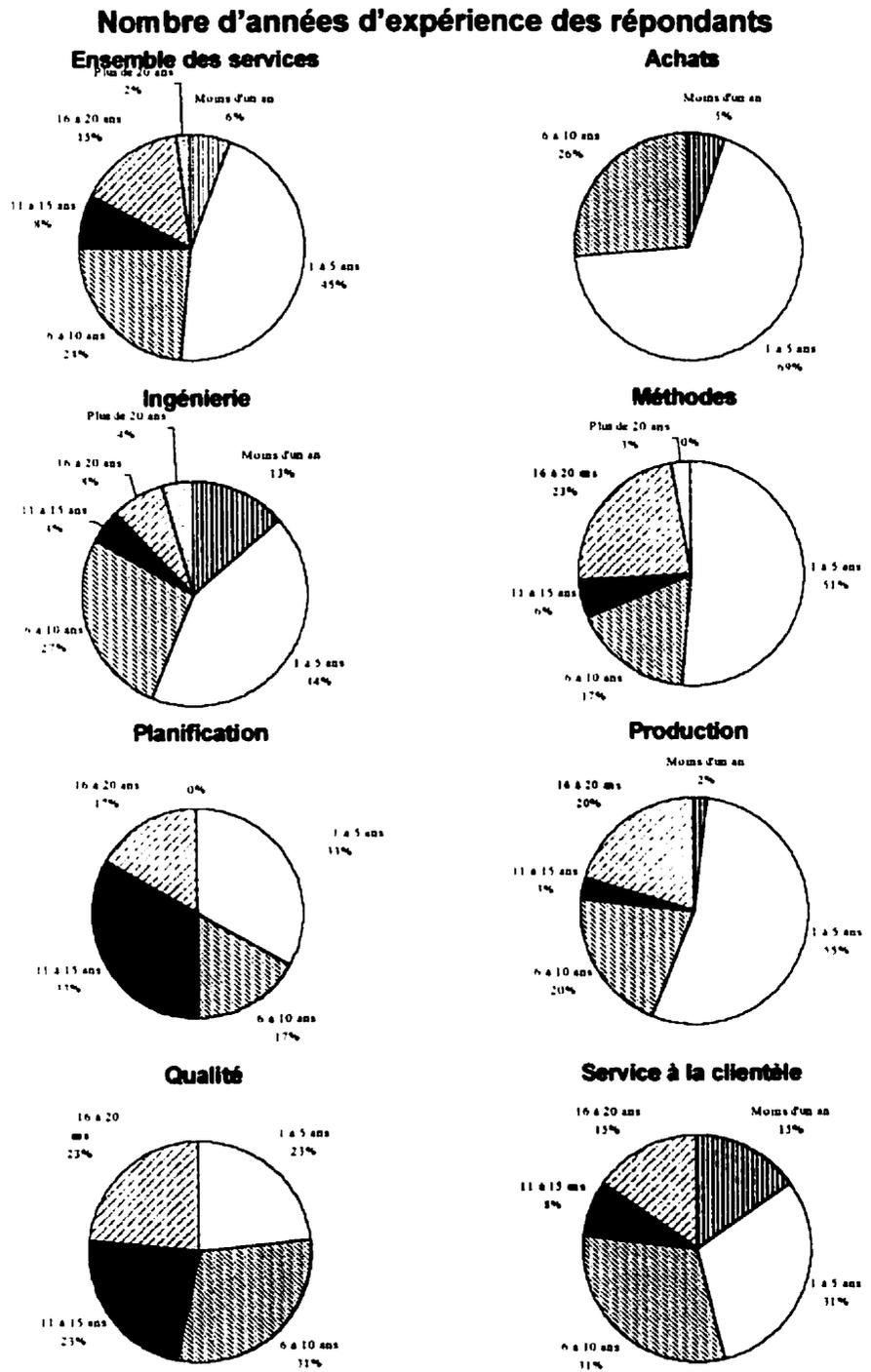


Figure 3.4 - Graphique représentant le nombre d'années de service des répondants

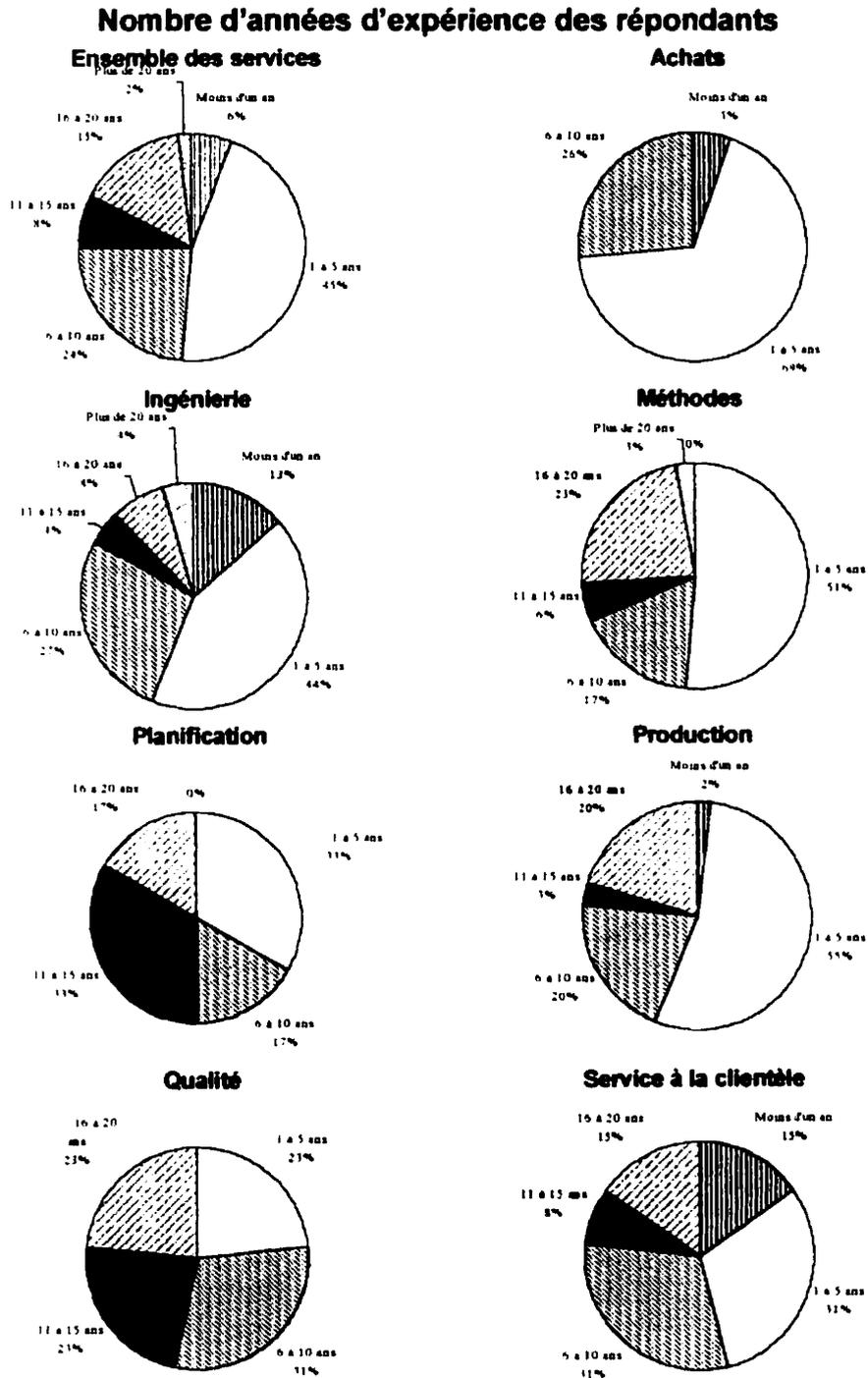


Figure 3.5 - Graphique du nombre d'entreprises travaillées avant Canadair des répondants

3.6 ANALYSE DES RÉSULTATS CONCERNANT LA CULTURE ORGANISATIONNELLE

Cette section, présente l'analyse des résultats obtenus provenant de l'étude des réponses des différents questionnaires. La compilation des données a été réalisée à l'aide du logiciel Minitab version 11.0. Ainsi, chaque section du plan du questionnaire va être commentée et appuyée par l'information résumée dans des figures et des tableaux.

Les tableaux sont séparés en trois groupes d'information. Premièrement, les données de base essentielles englobent le maximum d'information sur la perception des répondants. Ainsi, l'ensemble de ces valeurs nous permet de visualiser la répartition des données.

n	\Rightarrow	la taille de l'échantillon
μ	\Rightarrow	la moyenne de l'échantillon
σ	\Rightarrow	l'écart-type de l'échantillon
Min	\Rightarrow	la valeur la plus petite
Quart 1	\Rightarrow	la valeur du premier quartile
Md	\Rightarrow	la médiane de l'échantillon (deuxième quartile)
Quart 3	\Rightarrow	la valeur du troisième quartile
Max	\Rightarrow	la valeur la plus grande

Ensuite, nous retrouvons l'intervalle de confiance à 95 % qui spécifie les variances que pourraient obtenir la moyenne, l'écart-type et la médiane au niveau de la population. Finalement, les tests effectués sur l'échantillon déterminent si celui-ci correspond à une courbe normale. Par exemple, le test de P-Value doit obtenir une valeur inférieure à 0.05 afin d'accepter l'hypothèse nulle, c'est-à-dire que l'échantillon correspond à une courbe normale. Dans ce cas, les conclusions amenées par les réponses fournies par les répondants peuvent, alors, être transposées à la population.

Au niveau des valeurs retrouvées dans les tableaux, celles-ci proviennent directement des choix que le répondant a choisis pour chacune des questions. Ainsi, ces valeurs se répartissent entre 1 et 6, la plus haute valeur indique que le répondant est totalement d'accord avec l'énoncé de la question. Le résultat démontrant une certaine indifférence sera donc de 3.5.

1	⇒	fortement en désaccord
2	⇒	en désaccord
3	⇒	un peu en désaccord
4	⇒	un peu d'accord
5	⇒	en accord
6	⇒	fortement d'accord

3.6.1 AUTONOMIE INDIVIDUELLE

Le premier facteur étudié concerne l'autonomie de chacun des individus de l'échantillon au sein de l'organisation. Afin d'évaluer ce facteur, la perception des gens a été mesurée sur deux conditions qui seront détaillées dans les sections suivantes; la prise de décision et le degré de responsabilité. La figure ci-dessous présente les résultats globaux de l'autonomie individuelle traités par les questions 14, 22, 26, 33 et 37.

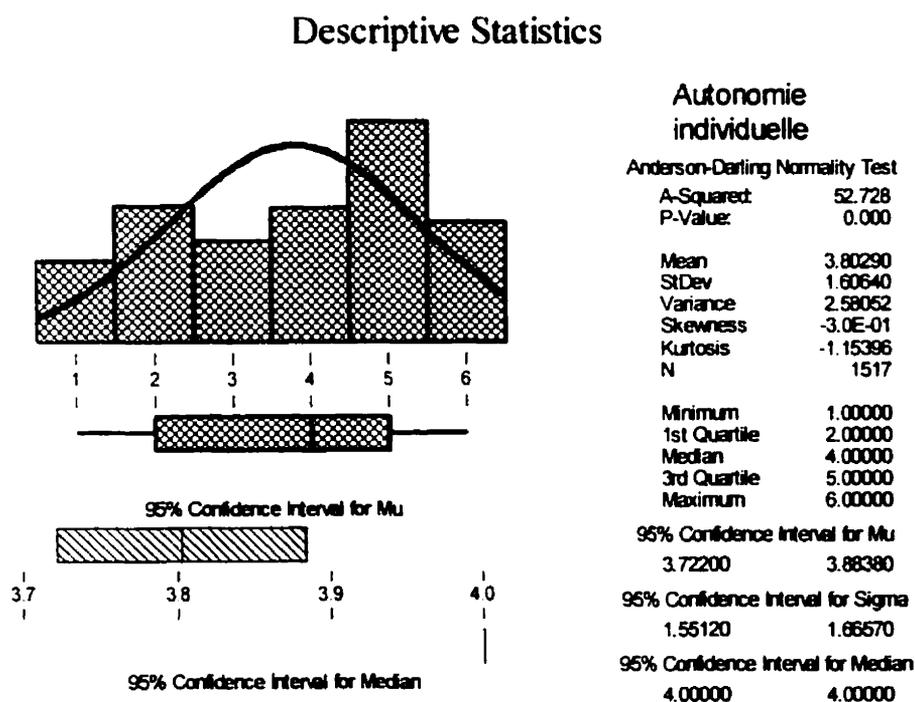


Figure 3.6 - Statistiques complètes concernant l'autonomie individuelle

3.6.1.1 Prise de décision

Cette section comprend deux questions, 22 et 33, permettant de cerner la dynamique de prise de décision au sein de l'organisation. La première, présentée au tableau suivant, concerne la participation au niveau de la prise de décision. En observant une moyenne globale de 3.89, les répondants semblent être indifférents par rapport à l'énoncé, quoiqu'un peu favorables, puisque l'intervalle de confiance s'étend de 3.74 à 4.05. Par contre, en étudiant la fréquence des réponses, nous pouvons observer une concentration des réponses en accord avec l'énoncé, de la médiane de 4 jusqu'au troisième quartile de 5. Toutefois, une répartition plus étendue au niveau du désaccord vient balancer la moyenne; le premier et le deuxième quartile couvrent les réponses de 1 à 4.

Tableau 3.1 - Statistiques concernant la question 22

QUESTION NO 22 Vous participez aux décisions prises dans le cadre de votre travail									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.16	1.17	1	3	4	5	6	3.60	4.72	0.88	1.73	3.86	5	1.078	0.006
Ingénierie	89	4.11	1.27	1	3	4	5	6	3.85	4.38	1.10	1.48	4	5	3.672	0.000
Methodes	35	4.26	1.34	1	4	4	5	6	3.80	4.72	1.08	1.75	4	5	1.912	0.000
Planification	18	3.78	1.59	1	2	4.5	5	6	2.99	4.57	1.19	2.39	2.52	5	1.209	0.003
Qualite	30	3.33	1.32	1	2.75	3.5	4	6	2.84	3.83	1.05	1.78	3	4	0.990	0.011
Production	97	3.64	1.50	1	2	4	5	6	3.34	3.94	1.32	1.75	3	4	3.136	0.000
Service client	13	4.46	0.66	3	4	5	5	5	4.06	4.86	0.47	1.09	4	5	1.509	0.000
Total	303	3.89	1.38	1	3	4	5	6	3.74	4.05	1.28	1.50	4	4	11.54	0.000

En regardant attentivement ce tableau, nous pouvons également remarquer que ce sont les services qui effectuent beaucoup plus d'exécutions, comme production, qualité et planification, qui se retrouvent en désaccord. En conséquence, ces employés perçoivent qu'ils ne sont pas impliqués au niveau de la prise de décision.

La deuxième question concerne l'influence des répondants dans le processus de prise de décision. Ainsi, plus la valeur est petite, plus l'implication de la hiérarchie au niveau de la décision est grande. La moyenne de 2.29 concernant cet énoncé est fortement en accord avec le fait que les décisions doivent passer par beaucoup de paliers hiérarchiques avant d'être prises. Donc, l'individu a très peu d'influence au niveau de la prise de décision. Ce résultat est unanime à travers tous les services, même que la médiane pour chacun des services est de 2.

Tableau 3.2 - Statistiques concernant la question 33

QUESTION NO 33 Les décisions doivent passer par beaucoup de paliers hiérarchiques avant d'avoir une approbation									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	2.21	0.98	1	1	2	3	4	1.74	2.68	0.74	1.44	1.86	3	0.920	0.015
Ingenierie	88	2.41	1.19	1	2	2	3	6	2.16	2.66	1.04	1.40	2	2	4.214	0.000
Methodes	35	2.20	1.26	1	1	2	3	5	1.77	2.63	1.02	1.65	1	2	2.201	0.000
Planification	18	2.39	1.20	1	2	2	3	6	1.79	2.98	0.90	1.79	2	3	1.390	0.001
Qualite	30	2.17	1.29	1	1	2	2.25	6	1.69	2.65	1.07	1.73	1.23	2	2.390	0.000
Production	98	2.22	1.40	1	1	2	3	6	1.94	2.51	1.23	1.63	2	2	2.760	0.000
Service client	13	2.54	1.27	1	2	2	3	6	1.77	3.30	0.91	2.09	2	3	1.018	0.007
Total	303	2.29	1.26	1	1	2	3	6	2.15	2.43	1.17	1.37	2	2	16.37	0.000

En conclusion, en ce qui concerne la prise de décisions, les employés des différents services perçoivent généralement qu'ils participent à la prise de décision, sauf les employés ayant un niveau élevé d'exécutions dans leur tâche. Par contre, l'implication décisionnelle de la haute direction paraît très présente, ce qui diminue sensiblement l'autonomie.

3.6.1.2 Responsabilisation

Cette section englobe trois questions portant sur la responsabilisation des employés dans leurs tâches. La première question, la question 14, évaluée dans le tableau suivant, concerne la liberté de chacun des employés dans la planification de leur travail, en regard à la séquence des travaux et de leurs échéances. La moyenne générale relative à cette question est de 4.73. Ce résultat confère unanimement que la majorité des employés perçoivent qu'ils ont la responsabilité de planifier leurs travaux et de spécifier les échéances. Cette constatation est appuyée avec un intervalle de confiance très près de la moyenne : 4.58 à 4.87. D'ailleurs en observant le tableau attentivement, nous pouvons remarquer que la fréquence des réponses se concentre autour de la médiane qui a obtenu une valeur de 5.

Tableau 3.3 - Statistiques concernant la question 14

QUESTION NO 14 Vous êtes responsable de la planification de votre travail (c'est-à-dire séquence et échéancier)									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A- Squar	P Value			
Achats	18	4.89	1.18	1	5	5	6	6	4.30	53.4	0.89	1.77	5	5.48	2.136	0.000
Ingenierie	89	4.37	1.28	1	4	5	5	6	4.10	4.64	1.12	1.50	4	5	3.462	0.000
Methodes	35	4.97	1.01	1	5	5	6	6	4.62	4.32	0.82	1.33	5	5	2.795	0.000
Planification	18	5.33	0.77	4	5	5	6	6	4.95	5.71	0.58	1.15	5	6	1.767	0.000
Qualite	30	4.93	1.08	1	4.75	5	6	6	4.53	5.34	0.86	1.45	5	5	2.143	0.000
Production	99	4.74	1.44	1	4	5	6	6	4.45	5.02	1.26	1.67	5	5	6.752	0.000
Service client	13	5.08	0.76	1	5	5	5.5	6	4.62	5.54	0.54	1.25	5	5.62	1.907	0.000
Total	304	4.73	1.27	1	4	5	6	6	4.58	4.87	1.18	1.38	5	5	18.16	0.000

La deuxième question, la question 26, s'intéresse à la responsabilisation des employés relativement aux résultats de leur travail, c'est-à-dire de leurs livrables. De nouveau, les employés sont unanimement en accord avec l'énoncé qui a obtenu un résultat de 5.06 pour la moyenne. D'ailleurs, la fréquence des réponses est très concentrée autour de cette valeur puisque du premier quartile jusqu'au troisième, les réponses ont été de 5 à 6.

Tableau 3.4 - Statistiques concernant la question 26

QUESTION NO 26 Vous êtes responsable des produits (livrables) résultants de votre travail (sous forme de papier, matérielle ou autre).									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A- Squar	P Value			
Achats	19	5.05	0.62	4	5	5	5	6	4.75	5.35	0.47	0.91	5	5	2.118	0.000
Ingenierie	88	4.99	0.80	2	5	5	5	6	4.82	5.16	0.69	0.93	5	5	7.330	0.000
Methodes	35	5.51	0.56	4	5	6	6	6	5.32	5.71	0.45	0.74	5	6	5.058	0.000
Planification	18	4.94	1.06	2	4	5	6	6	4.42	5.47	0.79	1.58	4.52	6	1.108	0.005
Qualite	30	5.00	1.23	1	5	5	6	6	4.54	5.46	0.98	1.66	5	5.77	3.768	0.000
Production	98	5.05	1.02	1	5	5	6	6	4.85	5.26	0.89	1.19	5	5	9.450	0.000
Service client	13	4.77	0.83	3	4	5	5	6	4.27	5.27	0.60	1.37	4	5	0.943	0.012
Total	303	5.06	0.92	1	5	5	6	6	4.96	5.16	0.85	1.00	5	5	25.32	0.000

La dernière question, la question 37, définit le niveau d'approbation du travail par la direction. Il a été demandé dans le questionnaire si tous les aspects d'une tâche doivent être approuvés avant de commencer. Ainsi, plus la réponse est petite, plus l'implication de la direction en regard à l'approbation d'une tâche est forte. Le tableau de la question 37, nous démontre une moyenne de 3.05. Ce résultat affirme une certaine influence de la direction à ce niveau. La fréquence des résultats semble répartie uniformément du premier quartile qui a une valeur de 2, jusqu'au troisième qui a obtenu 4, et la médiane est de 3. De façon un peu plus significative, le service de production semble plus contrôlé sur cette question puisqu'il a obtenu la moyenne la plus basse, 2.64, et sa médiane est de 2.

Tableau 3.5 - Statistiques concernant la question 37

QUESTION NO 37 Tous les aspects d'une tâche doivent être approuvés avant de commencer à travailler.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.26	1.28	1	2	3	4	5	2.64	3.88	0.97	1.90	2	4	0.866	0.021
Ingénierie	88	3.10	1.24	1	2	3	4	6	3.03	3.56	1.08	1.46	3	4	2.733	0.000
Methodes	35	2.89	0.96	1	2	3	4	5	2.55	3.22	0.78	1.26	2	3	1.653	0.000
Planification	18	3.17	1.34	1	2	3	4	6	2.50	3.83	1.01	2.01	2	3	0.942	0.013
Qualite	30	3.37	1.50	1	2	3	5	6	2.81	3.93	1.19	2.01	2	3	0.910	0.018
Production	99	2.64	1.31	1	2	2	4	6	2.38	2.90	1.15	1.52	2	3	4.342	0.000
Service client	13	3.54	1.05	2	3	4	4	6	2.90	4.17	0.75	1.73	3	4	0.821	0.024
Total	304	3.05	1.29	1	2	3	4	6	2.90	3.19	1.20	1.40	3	3	9.485	0.000

En conclusion, les employés de tous les services perçoivent généralement que le niveau d'autonomie au sein de leur travail s'avère élevé. En particulier, nous avons observé que ceux-ci étaient en accord avec les énoncés portant sur leur niveau de responsabilité dans la planification et les résultats de leur travail. Par contre, en ce qui

concerne la liberté d'action avant de commencer à travailler, la direction semble être plus présente afin d'approuver auparavant tous les aspects d'une tâche. Ces résultats peuvent limiter quelque peu l'initiative et l'innovation.

3.6.2 STRUCTURE

Un autre facteur important servant à comprendre la culture organisationnelle, est la définition de la structure à tous les niveaux encadrant le travail des individus. Ainsi, la perception des gens sur ce facteur va être mesurée en fonction de la structure organisationnelle, de la structure départementale et de la définition des processus. La figure suivante présente le résumé de l'évaluation de ce facteur traité par les questions 7, 9, 15, 17, 18, 23, 28, 39, 49, 50 et 51.

Descriptive Statistics

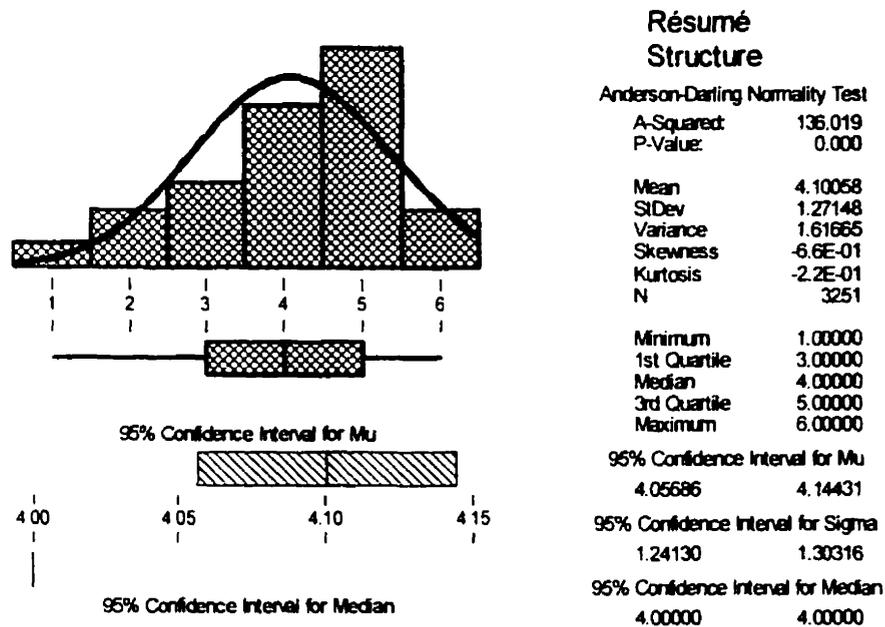


Figure 3.7 - Statistiques complètes concernant la structure

3.6.2.1 Structure organisationnelle

Cette section comporte quatre questions concernant la structure organisationnelle. Ce que nous cherchons à mesurer, est l'appréciation et la compréhension par les employés des systèmes officiels mis de l'avant par Bombardier. La première question, la question numéro 7, couvre la connaissance générale des rôles et responsabilités des différents services. La moyenne générale obtenue est de 4.31, ce qui spécifie que les employés sont en accord avec l'énoncé. D'ailleurs, nous observons une forte concentration de la fréquence en accord et même fortement d'accord avec l'énoncé puisque les résultats sont pour la médiane et le troisième quartile de 5.

Tableau 3.6 - Statistiques concernant la question 7

QUESTION NO 7 Vous connaissez les rôles et responsabilités de chaque département.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.95	0.97	3	4	5	6	6	4.48	5.42	0.73	1.43	4.86	0	1.153	0.004
Ingénierie	89	4.12	1.19	1	4	4	5	6	3.87	4.38	1.04	4.40	4	5	4.542	0.000
Méthodes	35	4.83	0.75	3	4	5	5	6	4.57	5.09	0.60	0.98	5	5	3.235	0.000
Planification	18	4.44	1.25	2	3	5	5.25	6	3.82	5.06	0.94	1.87	3.52	5	0.755	0.040
Qualité	30	4.10	1.58	1	2.75	5	5	6	3.51	4.69	1.26	2.13	4	5	2.150	0.000
Production	98	4.10	1.28	1	3	4	5	6	3.85	4.36	1.12	1.50	4	5	4.242	0.000
Service client	33	4.92	0.49	4	5	5	5	6	4.62	4.22	0.35	0.81	5	5	2.366	0.000
Total	304	4.31	1.22	1	4	5	5	6	4.17	4.44	1.13	1.33	4	5	16.45	0.000

Les trois questions suivantes, voir les tableaux suivants, mesurent l'appréciation des répondants sur trois systèmes officiels de Bombardier : question 49 - le système manufacturier de Bombardier (SMB), question 50 - le système d'ingénierie de Bombardier (SEB) et question 51 - ISO 9001. Tout d'abord, un élément à signaler est le taux de non-réponses pour ces questions qui s'affirme comme étant le plus élevé du présent questionnaire; SMB 8 %, le SEB 13 % et ISO 9001 8 %. En regardant les différents commentaires relatifs à ces questions, les individus énonçaient le besoin de mieux connaître ces systèmes; en particulier pour le BES qui était en développement final lors de la distribution du questionnaire. Toutefois, ceux qui ont évalué ces trois systèmes semblent les apprécier puisqu'ils sont d'accord avec les énoncés : la moyenne du SMB est de 4.56, du SEB 4.17 et d'ISO 9001 4.54. Finalement, la fréquence des réponses se concentre principalement autour de 4 et de 5.

Tableau 3.7 - Statistiques concernant la question 49

QUESTION NO 49 Donnez votre évaluation du système manufacturier de Bombardier (SMB).									Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value		
Achats	19	4.95	1.13	2	4	5	6	6	4.40	5.49	0.85	1.07	4.86	0.003	
Ingenierie	78	4.62	1.00	1	4	5	5	6	4.39	4.84	0.86	1.18	5	6.429	
Methodes	35	4.83	0.75	3	4	5	5	6	4.57	5.09	0.60	0.98	5	3.235	
Planification	18	4.94	0.64	4	4.75	5	5	6	4.63	5.26	0.48	0.96	5	1.881	
Qualite	26	4.19	1.30	1	3	5	5	6	3.67	4.72	1.02	1.79	4	1.710	
Production	93	4.48	1.13	1	4	5	5	6	4.25	4.72	0.99	1.32	5	8.959	
Service client	12	3.92	1.24	1	3	4	5	5	3.13	4.70	0.88	2.11	3	0.807	
Total	283	4.56	1.07	1	4	5	5	6	4.44	4.69	0.99	1.17	5	22.24	

Tableau 3.8 - Statistiques concernant la question 50

QUESTION NO 50 Donnez votre évaluation du système d'ingénierie de Bombardier (SEB).									Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value		
Achats	18	3.8	1.37	1	3	4	4	6	3.04	4.56	1.00	2.17	3.37	4	
Ingenierie	80	4.44	1.10	1	4	5	5	6	4.19	4.68	0.95	1.30	4	6.145	
Methodes	25	4.28	1.17	1	4	5	5	5	3.80	4.76	0.92	1.63	4	3.551	
Planification	16	4.44	0.89	2	4	4.5	5	6	3.96	4.91	0.66	1.38	4	1.124	
Qualite	26	3.69	1.23	1	3	4	4.25	6	3.20	4.19	0.96	1.69	3	1.150	
Production	91	4.13	1.12	1	3	4	5	6	3.90	4.36	0.98	1.31	4	4.124	
Service client	11	3.55	0.69	2	3	4	4	4	3.08	4.01	0.48	1.21	3	1.543	
Total	266	4.17	1.14	1	4	4	5	6	4.03	4.30	1.05	1.25	4	13.90	

Tableau 3.9 - Statistiques concernant la question 51

QUESTION NO 51 Donnez votre évaluation d'ISO9001.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value		
Achats	18	4.44	1.62	1	3	5	6	6	3.64	5.25	1.21	2.42	3.52	6	
Ingenierie	81	4.53	1.07	1	4	5	5	6	4.29	4.77	0.93	1.27	5	5.179	
Methodes	30	4.80	0.85	2	4.75	5	5	6	4.48	5.12	0.57	1.14	5	3.205	
Planification	18	4.72	0.75	4	4	5	5	6	4.35	5.01	0.56	1.13	4	1.592	
Qualite	26	3.96	1.84	1	2.5	5	5	6	3.22	4.71	1.45	2.54	3.65	5	
Production	95	4.68	1.28	1	4	5	5	6	4.42	4.95	1.12	1.50	5	8.451	
Service client	11	4.09	1.30	1	4	4	5	6	3.22	4.96	0.91	2.28	3.92	5	
Total	281	4.54	1.26	1	4	5	5	6	4.39	4.69	1.17	1.38	5	19.00	

En conclusion, de façon générale la structure semble être bien perçue et maîtrisée. La fréquence des résultats se concentrait principalement autour des valeurs 4 à 6. En particulier, les répondants affirment connaître adéquatement et maîtriser les

rôles et responsabilités des différents services. Au niveau de l'appréciation des différents systèmes mis de l'avant par Bombardier, celle-ci s'avère élevée.

3.6.2.2 Structure départementale

Cette section mesure la perception des gens concernant la structure encadrant chaque service. Trois énoncés ont été proposés aux répondants. La première question, la question 15, s'intéresse à l'existence de procédures permettant d'encadrer le travail. En obtenant une moyenne de 4.03, les répondants sont un peu en accord avec cet énoncé. De plus, l'intervalle de confiance de cette moyenne gravite autour du résultat obtenu, avec un décompte des points de 3.89 et 4.17. En ce qui concerne la fréquence, les résultats sont concentrés autour de la valeur 5, certaines valeurs de la médiane et principalement du troisième quartile ont obtenu ce résultat pour différents services, ce qui signifie qu'une bonne proportion des gens sont en accord avec l'énoncé. Par contre, on retrouve une certaine répartition plus étendue de valeur plus petite entre le minimum et la médiane, ce qui balance la moyenne.

Tableau 3.10 - Statistiques concernant la question 15

QUESTION NO 15 Il existe des procédures précises dans votre département qui permettent d'encadrer votre travail.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.74	1.10	2	4	5	6	6	4.21	5.27	0.83	1.62	4	5.14	0.892	0.018
Ingenierie	89	3.71	1.21	1	3	4	5	6	3.45	3.96	1.05	1.42	4	4	1.090	0.000
Methodes	35	3.83	1.38	1	3	4	5	6	3.35	4.10	1.12	1.81	3	5	1.059	0.008
Planification	18	3.5	1.25	1	2	4	4	5	2.88	4.12	0.94	1.87	2.52	4	0.958	0.012
Qualite	30	3.90	1.32	1	3	4	5	6	3.41	4.39	1.05	1.78	4	4.77	1.105	0.006
Production	99	4.43	1.06	1	4	5	5	6	4.22	4.65	0.83	1.23	4	5	6.035	0.000
Service client	13	4	1	2	3	4	5	5	3.40	4.36	0.72	1.65	3	5	0.778	0.032
Total	305	4.03	1.24	1	3	4	5	6	3.89	4.17	1.15	1.34	4	4	11.77	0.000

La deuxième question, la question 18, porte sur la définition des tâches. c'est-à-dire la clarification des mandats avant d'être attribués. Les résultats sont présentés au tableau suivant. À nouveau, les répondants sont un peu en accord avec l'énoncé proposé. La moyenne a obtenu une marque de 4.03 et l'intervalle de confiance se resserre avec 3.90 et 4.16. Le même commentaire s'appliquant à la fréquence, fait à la question précédente, prévaut ici.

Tableau 3.11 - Statistiques concernant la question 18

QUESTION NO 18 Lorsqu'une tâche vous êtes assignée, le mandat est bien défini.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.95	0.97	2	3	4	5	5	3.45	4.41	0.73	1.43	3	5	1.246	0.002
Ingenierie	89	3.97	1.12	1	3	4	5	6	3.73	4.20	0.98	1.32	4	4	4.749	0.000
Methodes	35	3.74	1.17	1	3	4	5	5	3.34	4.15	0.95	1.54	3	4.70	1.715	0.000
Planification	18	3.83	1.25	1	3	4	5	5	3.21	4.45	0.94	1.87	3	5	1.043	0.007
Qualite	30	3.70	1.32	1	3	4	5	6	3.21	4.19	1.05	1.77	3	4	0.791	0.036
Production	98	4.34	1.00	1	4	5	5	6	4.14	4.54	0.88	1.17	4	5	6.540	0.000
Service client	13	4.23	0.83	2	4	4	5	5	3.73	4.73	0.60	1.17	4	5	1.431	0.001
Total	304	4.03	1.12	1	3	4	5	6	3.90	4.16	1.04	1.21	4	4	15.50	0.000

La dernière question, la question 23, se penche sur l'établissement et la définition des priorités dans une tâche. En observant une moyenne de 4.16 et un intervalle de

confiance de 4.02 jusqu'à 4.29, nous pouvons spécifier que les répondants sont également un peu en accord avec l'énoncé. Tous les services ont obtenu un résultat qui se focalise autour de la moyenne. En ce qui regarde la fréquence, les remarques spécifiées à la première question, la question 15, conservent leur véracité.

Tableau 3.12 - Statistiques concernant la question 23

QUESTION NO 23 Les priorités concernant vos tâches sont bien définies.										Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	M _{in}	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.26	0.93	2	4	5	5	5	3.81	4.71	0.71	1.38	4	5	1.799	0.000
Ingenierie	89	4.04	1.21	1	3	4	5	6	3.79	4.30	1.06	1.42	4	4	3.383	0.000
Methodes	35	3.97	1.25	1	3	4	5	6	3.54	4.40	1.01	1.64	4	5	2.014	0.000
Planification	18	3.78	1.70	1	2	4.5	5	6	2.93	4.62	1.28	2.55	2	5	1.103	0.005
Qualite	10	4.03	1.16	1	3	4	5	6	3.60	4.47	0.92	1.56	4	5	1.181	0.004
Production	98	4.38	1.19	1	4	5	5	6	4.14	4.62	1.04	1.38	4	5	6.245	0.000
Service client	13	4.62	0.77	3	4	5	5	6	4.15	5.08	0.55	1.27	4	5	1.078	0.005
Total	304	4.16	1.21	1	3.25	4	5	6	4.02	4.29	1.12	1.32	4	5	14.48	0.000

De façon générale, les répondants semblent mitigés relativement à cette section, mais favorables. Ainsi, ils se retrouvent un peu en accord avec la définition et l'établissement d'une structure à l'intérieur de chaque service, qui encadre le travail. Par contre, une concentration de répondants perçoit favorablement cet énoncé, avec une fréquence autour de 5, tandis qu'on retrouve une certaine étendue de gens en défaveur. Afin de pouvoir cibler les répondants étant le plus en défaveur, nous avons réalisé des statistiques à partir de l'expérience des répondants à Bombardier. Ces résultats sont présentés au tableau suivant. En analysant le décompte obtenu, deux groupes se démarquent comme étant le plus en défaveur de la structure départementale existante; ceux dont l'expérience se situe de 6 à 10 ans et ceux de 11 à 15 ans.

Tableau 3.13 - Analyse de la structure départementale en fonction de l'expérience des répondants

Structure départementale									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Expérience	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Square	P Value			
Moins d'un an	54	4.41	0.90	2	4	4	5	6	4.16	4.65	0.76	1.11	4	5	3.243	0.000
1 à 5 ans	417	4.21	1.14	1	4	4	5	6	4.10	4.32	1.07	1.22	4	5	21.02	0.000
6 à 10 ans	214	3.75	1.26	1	3	4	5	6	3.59	3.93	1.15	1.39	4	4	7.895	0.000
11 à 15 ans	69	3.81	1.33	1	3	4	5	6	3.49	4.13	1.14	1.60	4	4	2.245	0.000
16 à 20 ans	141	4.15	1.15	1	4	4	5	6	3.96	4.34	1.03	1.30	4	5	7.780	0.000
Plus de 20 ans	18	4.17	1.25	1	3.75	4.5	5	6	3.55	4.79	0.94	1.87	4	5	1.173	0.003

3.6.2.3 Processus conception/fabrication/support à la clientèle

Cette section concerne plus spécifiquement le processus et l'interaction entre les services. Quatre questions permettent d'évaluer la perception des répondants sur la connaissance de cette interaction. La première question, la question 9, demande spécifiquement leur maîtrise du processus de conception d'un produit en partant des besoins d'un client jusqu'à sa livraison. Les résultats obtenus sont présentés au prochain tableau. De façon générale, tous sont un peu en faveur de l'énoncé; la moyenne globale est de 4.24 avec un intervalle de confiance de 4.09 à 4.38. En ce qui concerne la fréquence des réponses, on observe une certaine concentration des réponses plutôt en faveur. Par contre, certains services sont moins favorables, ce qui fait diminuer la moyenne. Ces services sont ceux d'ingénierie, de production et de qualité. Cette situation peut facilement s'expliquer. Tout d'abord, les services d'ingénierie, une fois la conception terminée, ne sont pas nécessairement impliqués au niveau de la production des unités sauf pour résoudre des problèmes de conception. Ensuite, les services de

production et de qualité travaillent avec les documents élaborés par le groupe méthodes. Alors, leur contact direct avec la conception du produit et des besoins des clients est minime.

Tableau 3.14 - Statistiques concernant la question 9

QUESTION NO 9 Vous connaissez le processus de développement d'un produit en partant des besoins des clients jusqu'à la livraison du produit.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	M _{in}	Q 1	M _d	Q 3	Max	μ	σ	M _d	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.89	1.05	3	4	5	6	6	4.39	5.40	0.79	1.55	4	6	1.091	0.006
Ingenierie	89	4.02	1.27	1	3	4	5	6	3.75	4.29	1.11	1.49	4	4	3.032	0.000
Methodes	35	4.77	0.88	1	4	5	5	6	4.47	5.07	0.71	1.15	4.30	5	2.000	0.000
Planification	18	4.61	0.98	2	4	5	5	6	4.12	5.10	0.73	1.47	4	5	1.509	0.000
Qualite	30	4.07	1.44	1	3	4	5	6	3.53	4.60	1.14	1.96	4	5	1.105	0.006
Production	96	4.01	1.40	1	3	4	5	6	3.73	4.29	1.23	1.64	4	5	3.572	0.000
Service client	13	4.77	0.60	4	4	5	5	6	4.41	5.13	0.43	0.99	4	5	1.591	0.000
Total	392	4.24	1.28	1	4	4	5	6	4.09	4.38	1.18	1.39	4	5	12.01	0.000

La deuxième question, la question 39, se concentre sur les intrants et les extrants de différentes étapes de conception et de fabrication d'un nouveau produit. Les répondants quant à cette question ne semblent ni en faveur ni en défaveur, puisqu'ils ont obtenu une moyenne de 3.56 avec un intervalle de confiance de 3.41 à 3.71. Au niveau de la fréquence des réponses, on observe une bonne répartition des réponses autour de la médiane de 4. D'ailleurs, l'intervalle de confiance de la médiane est de 3 jusqu'à 4, d'où des réponses mitigées. À nouveau, les services d'ingénierie, de production et de qualité ont obtenu de faibles marques. Toutefois, le service à la clientèle s'ajoute à la liste. On peut, donc, conclure que ce service connaît un peu le processus général, mais a certaines lacunes en ce qui a trait spécifiquement aux intrants et aux extrants.

Tableau 3.15 - Statistiques concernant la question 39

QUESTION NO 39 Vous connaissez les entrées et sorties des différentes étapes de conception et de fabrication d'un nouveau produit.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.05	1.43	1	4	4	5	6	3.36	4.74	1.08	2.12	4	5	1.112	0.005
Ingenierie	88	3.58	1.25	1	3	4	5	6	3.32	3.84	1.09	1.47	3	4	2.781	0.000
Methodes	35	4.06	1.11	2	3	4	5	6	3.68	4.44	0.90	1.45	4	5	1.213	0.003
Planification	18	4.06	1.00	2	3	4	5	6	3.56	4.55	0.75	1.50	3.52	5	0.756	0.040
Qualite	30	3.30	1.44	1	2	3.5	5	6	2.76	3.84	1.15	1.94	2	4	1.684	0.000
Production	98	3.29	1.46	1	2	3	4	6	2.99	3.58	1.28	1.70	3	4	2.517	0.000
Service client	13	3.31	1.32	1	2.5	4	4	5	2.51	4.10	0.94	2.17	2.68	4	0.644	0.072
Total	303	3.56	1.35	1	3	4	5	6	3.41	3.71	1.25	1.46	3	4	8.469	0.000

La troisième question, la question 28, détaille la perception des répondants sur la façon dont les besoins des clients sont véhiculés à travers chacun des services. Ainsi, plus la valeur est petite, plus les besoins des clients sont véhiculés en terme de tolérance. Dans le cas contraire, les besoins des clients sont transmis en terme d'objectifs à atteindre. Les répondants semblent mitigés quant à cet énoncé quoique quelque peu favorable. La moyenne est de 3.65 et l'intervalle de confiance de 3.5 à 3.79. On retrouve également une forte concentration des gens autour des valeurs 3 et 4, en regardant la médiane de 4 et l'intervalle de confiance de 3 à 4.

Tableau 3.16 - Statistiques concernant la question 28

QUESTION NO 28 Les besoins des clients sont véhiculés en terme de tolérances au niveau du design et non d'objectifs à atteindre.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.74	1.19	2	3	3	5	6	3.16	4.31	0.90	1.77	3	4.14	0.959	0.012
Ingenierie	85	4.05	1.13	2	3	4	5	6	3.80	4.29	0.98	1.33	4	4	2.882	0.000
Methodes	34	3.59	1.44	1	2.75	4	4	6	3.09	4.09	1.16	1.89	3	4	1.354	0.001
Planification	18	3.72	1.13	2	3	3	4.25	6	3.16	4.28	0.85	1.69	3	4	1.384	0.001
Qualite	28	3.39	1.42	1	2	3	4	6	2.84	3.94	1.13	1.94	3	4	0.730	0.051
Production	96	3.30	1.31	1	2	3	4	6	3.04	3.57	1.14	1.52	3	4	2.593	0.000
	12	3.75	0.62	3	3	4	4	5	3.36	4.14	0.44	1.06	3	4	1.355	0.001
Total	294	3.65	1.28	1	3	4	4.25	6	3.50	3.79	1.18	1.39	3	4	7.574	0.000

Finalement, la dernière question, la question 17, se concentre sur la connaissance directe des besoins des clients sur les programmes auxquels les répondants travaillent. Les répondants semblent un peu favorables avec l'énoncé puisqu'ils ont obtenu une moyenne de 3.93 avec un intervalle de confiance de 3.78 à 4.09. Au niveau de la fréquence des réponses, on observe une forte concentration autour des valeurs 4 et 5, par contre il faut noter la présence d'une répartition forte des valeurs plus petites, ce qui balance la valeur de la moyenne. Un fait à considérer est que les services d'ingénierie, de production et de qualité ont obtenu à nouveau les valeurs les plus petites.

Tableau 3.17 - Statistiques concernant la question 17

QUESTION NO 17 Vous connaissez les besoins des clients sur le programme auquel vous travaillez (ex. : RJ, CH, GLX, etc.)									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.16	1.42	2	3	5	5	6	3.47	4.84	1.08	2.13	3	5	0.999	0.010
Ingénierie	89	3.85	1.26	1	3	4	5	6	3.59	4.12	1.10	1.47	4	4	4.071	0.000
Méthodes	35	4.09	1.34	1	3	4	5	6	3.63	4.54	1.08	1.75	4	5	1.405	0.001
Planification	18	4.28	1.27	1	4	4	5	6	3.64	4.91	0.96	1.91	4	5	1.052	0.007
Qualité	30	3.43	1.74	1	2	4	5	6	2.79	4.08	1.38	2.33	2.23	4	0.876	0.022
Production	99	3.91	1.42	1	3	4	5	6	3.63	4.19	1.25	1.65	4	5	5.022	0.000
Service client	13	4.77	0.60	4	4	5	5	6	4.41	4.13	0.43	0.99	4	5	1.591	0.000
Total	305	3.93	1.38	1	3	4	5	6	3.78	4.09	1.28	1.50	4	4	12.99	0.000

En conclusion, au niveau de la connaissance du processus de conception incluant la perception des besoins des clients, les répondants s'avèrent quelque peu favorables aux différents énoncés. Par contre, il faut remarquer que tout au long de l'évaluation du processus de conception, certains services se montrent toutefois mitigés. Ainsi, les

services se retrouvant aux extrémités du processus comme ingénierie, production et qualité devraient être mieux intégrés pour parfaire leur connaissance et leur appréciation.

3.6.3 APPUI AUPRÈS DES EMPLOYÉS

Un autre facteur, permettant d'encadrer le travail des individus et influençant la culture organisationnelle, est l'appui dont jouissent les employés. L'appui se définit comme étant l'intérêt des supérieurs à conseiller, à entraîner et à travailler avec leurs subalternes. Deux sections vont permettre de mesurer ce facteur, c'est-à-dire la formation fournie aux employés et la perception de leur type de supervision. Le résumé des résultats obtenus, traité par les questions 10, 24, 34, 38, 41, 46 et 47, est présenté à la figure suivante.

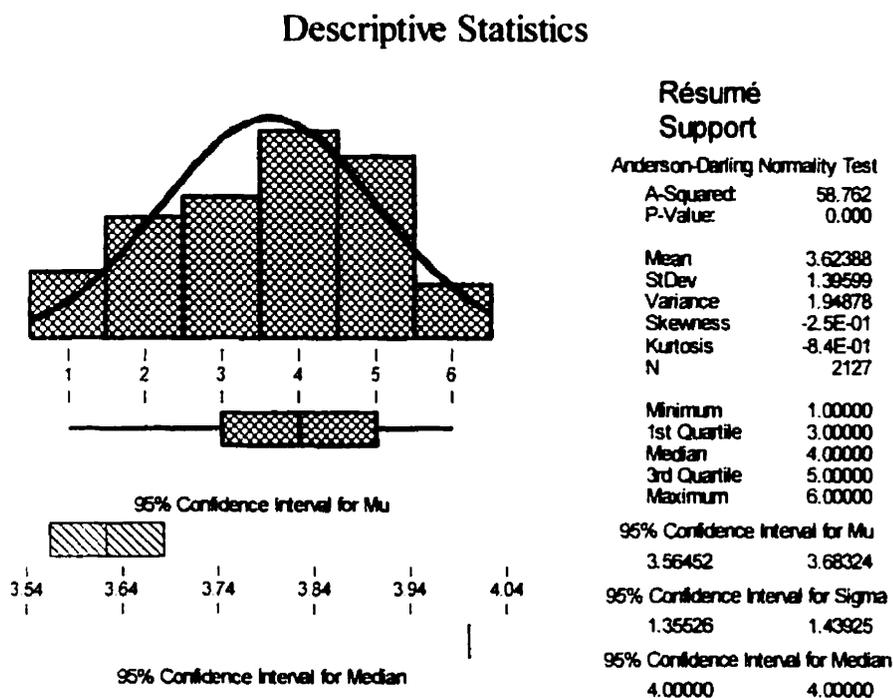


Figure 3.8 - Statistiques complètes concernant l'appui

3.6.3.1 Formation des employés

Afin de mesurer la pertinence de la formation fournie aux employés, trois questions permettent de cibler la perception des répondants. La première question, la question 10, fait le point sur la congruité de la formation fournie. Tout d'abord, les répondants ne semblent ni en faveur ni en défaveur de l'énoncé. La moyenne a obtenu un décompte de 3.65 avec un intervalle de confiance de 3.49 à 3.80. En ce qui concerne la fréquence, celle-ci s'avère bien répartie entre les valeurs 2 et 5. Les services démontrant les plus petits résultats apparaissent comme étant les services de qualité, planification et les achats.

Tableau 3.18 - Statistiques concernant la question 10

QUESTION NO 10 Si vous changez de fonction ou de tâche, une formation adéquate vous est fournie, si nécessaire.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.26	1.10	1	3	3	4	6	2.73	3.79	0.83	1.62	3	4	1.215	0.003
Ingenierie	88	3.61	1.13	1	3	4	4	6	3.39	3.86	0.98	1.32	4	4	3.801	0.000
Methodes	35	3.57	1.27	1	3	4	4	6	3.14	4.00	1.02	1.66	3	4	1.253	0.002
Planification	18	3.33	1.37	1	2	3.5	4	6	2.65	4.02	1.03	2.06	2.52	4	0.485	0.199
Qualite	30	2.87	1.43	1	2	2.5	4	6	2.33	3.40	1.14	1.93	2	3.77	1.109	0.006
Production	99	4.02	1.48	1	3	4	5	6	3.73	4.31	1.30	1.71	3	5	3.530	0.000
Service client	13	4.15	1.41	2	3	4	5.5	6	3.30	5.00	1.01	2.32	3	5.32	0.778	0.032
Total	304	3.65	1.16	1	3	4	5	6	3.49	3.80	1.26	1.48	3	4	7.253	0.000

La deuxième question, la question 34, se penche directement sur la disponibilité des nouvelles procédures affectant le travail des répondants. Une nouvelle fois, les répondants s'accordent pour être ni en faveur, ni en défaveur. La moyenne est de 3.66 avec un intervalle de confiance de 3.51 à 3.83. Par contre, la fréquence des réponses se concentre beaucoup plus comme étant un peu en faveur de l'énoncé avec une médiane généralement égale à 4 dans un intervalle de confiance également de 4.

Tableau 3.19 - Statistiques concernant la question 34

QUESTION NO 34 Vous êtes informé(e) des nouvelles procédures concernant votre travail dès qu'elles sont disponibles.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.05	1.08	2	3	4	5	6	3.53	4.57	0.82	1.56	3.86	5	0.828	0.026
Ingenierie	88	3.53	1.26	1	3	4	4	6	3.27	3.80	1.10	1.49	3	4	2.702	0.000
Methodes	35	3.89	1.13	2	3	4	5	6	3.50	4.27	0.92	1.48	4	4.70	1.759	0.000
Planification	18	3.28	1.36	1	2	3	4.25	6	2.60	3.96	1.02	2.04	2	4	0.580	0.114
Qualite	30	3.33	1.32	1	2	4	4	6	2.84	3.83	1.05	1.78	3	4	1.058	0.008
Production	98	3.73	1.32	1	3	4	5	6	3.47	4.00	1.16	1.54	3.83	4	2.909	0.000
Service client	13	4.08	1.32	1	3.5	5	5	5	3.28	4.87	0.95	2.18	3.68	5	1.379	0.001
Total	303	3.66	1.29	1	3	4	5	6	3.51	3.80	1.19	1.40	4	4	9.421	0.000

La dernière question, la question 38, présentée au tableau suivant, tente de mesurer la perception des répondants sur la formation donnée concernant les nouveaux outils de travail. Cette fois-ci, les répondants se prononcent comme étant faiblement un peu en défaveur de l'énoncé avec une moyenne de 3.39 et un intervalle de confiance de 3.24 à 3.54. La répartition des réponses se concentre plus vers la médiane de 3 par contre l'intervalle de confiance est délimité par les valeurs de 3 à 4.

Tableau 3.20 - Statistiques concernant la question 38

QUESTION NO 38 Une formation adéquate vous est dispensée avant qu'un nouvel outil influence votre travail.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.47	1.22	2	2	3	4	6	2.89	4.06	0.92	1.80	2.86	4	0.692	0.059
Ingenierie	88	3.98	1.26	1	2	3	4	6	3.11	3.64	1.10	1.48	3	4	2.719	0.000
Methodes	35	3.03	1.07	1	2	3	4	5	2.66	3.40	0.87	1.40	2	4	1.774	0.000
Planification	18	3.17	1.10	1	2.75	3	4	5	2.62	3.71	0.82	1.65	3	4	0.975	0.011
Qualite	30	2.97	1.16	1	2	3	4	5	2.53	3.40	0.92	1.56	2	3.77	0.956	0.014
Production	99	3.70	1.49	1	2	4	5	6	3.40	3.99	1.31	1.73	3.29	4	3.119	0.000
Service client	13	3.54	1.33	1	2.5	4	5	5	2.73	4.34	0.95	2.20	2.68	5	0.509	0.161
Total	304	3.39	1.32	1	2	3	4	6	3.24	3.54	1.23	1.44	3	4	7.978	0.000

Nous pouvons conclure, en ce qui a trait à la formation, que généralement les répondants apparaissent ni en faveur, ni en défaveur, des trois énoncés. Les résultats avancés semblent suggérer qu'une amélioration soit nécessaire de ce côté.

3.6.3.2 Supervision des employés

Cette section s'intéresse à la perception des répondants concernant l'apport de la direction comme élément permettant de canaliser les efforts des employés. La première question, la question 46, permettant de mesurer cet aspect détermine le niveau de consultation de la direction avant de prendre une décision qui va modifier la façon de travailler des répondants. Alors, plus la valeur est petite et plus le niveau de consultation est faible. La moyenne obtenue est de 2.71 avec un intervalle de confiance entre 2.55 et 2.87, ce qui confère que le niveau de consultation est un peu faible. D'ailleurs, au niveau de la fréquence des résultats, ceux-ci se concentrent autour de 2 et 3, avec une médiane de 3.

Tableau 3.21 - Statistiques concernant la question 46

QUESTION NO 46 La direction de votre département vous consulte avant de prendre une décision qui va modifier votre façon de travailler.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	2.21	1.40	1	1	2	3	6	1.54	2.88	1.06	2.07	1	2.14	1.454	0.001
Ingenierie	89	2.83	1.25	1	2	3	4	6	2.57	3.10	1.09	1.47	2	3	2.619	0.000
Methodes	35	2.62	1.40	1	2	2	3	6	2.15	3.11	1.13	1.83	2	3	1.606	0.000
Planification	18	2.50	1.04	1	2	2	3	5	1.98	3.02	0.78	1.56	2	3	0.899	0.017
Qualite	30	2.07	1.11	1	1	2	3	5	1.65	2.48	0.89	1.50	1	2.77	1.776	0.000
Production	99	2.87	1.61	1	1	3	4	6	2.55	3.19	1.42	1.88	2	3	4.050	0.000
Service client	13	3.38	1.33	1	3	3	4	5	2.58	4.19	0.95	2.19	1	4.32	0.667	0.062
Total	305	2.71	1.41	1	1	3	4	6	2.55	2.87	1.30	1.53	2	3	10.12	0.000

La deuxième question, la question 41, établit simplement que la supervision est disponible pour conseiller. La moyenne obtenue pour cette question est de 4.01 dont l'intervalle de confiance joue entre 3.85 et 4.16. Ainsi, les répondants apparaissent un

peu en faveur de l'énoncé. De plus, la fréquence des réponses indique une concentration des réponses en faveur de l'énoncé avec une médiane de 4 et un intervalle de confiance de 4 à 5. Par contre, une répartition élevée de valeurs plus petites vient balancer la moyenne.

Tableau 3.22 - Statistiques concernant la question 41

QUESTION NO 41 Votre superviseur est disponible à vous conseiller en tout temps.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Square	P Value			
Achats	19	3.89	1.66	1	2	4	5	6	3.09	4.70	1.26	2.46	2.86	5	0.752	0.041
Ingenierie	89	4.15	1.30	1	3	4	5	6	3.87	4.42	1.13	1.53	4	5	3.180	0.000
Methodes	15	4.11	1.21	1	3	4	5	6	3.70	4.53	0.98	1.58	4	5	1.851	0.000
Planification	18	4.11	1.68	1	2.75	5	5	6	3.28	4.94	2.26	2.51	3	5	1.271	0.002
Qualite	30	3.40	1.22	1	2.75	3.5	4	6	2.94	3.86	0.97	1.64	3	4	0.882	0.021
Production	99	4.05	1.45	1	3	5	5	6	3.76	4.34	1.27	1.69	4	5	4.191	0.000
Service client	13	4.00	1.22	1	3.5	4	5	6	3.26	4.74	0.88	2.02	3.68	5	0.737	0.041
Total	305	4.01	1.39	1	3	4	5	6	3.85	4.16	1.29	1.51	4	5	11.83	0.000

La troisième question, la question 24, se concentre sur le fait que les superviseurs cherchent à trouver des outils ou des moyens pour faciliter le travail de leurs employés. L'ensemble des répondants se montre un peu en faveur de l'énoncé avec une moyenne de 4.07 avec un intervalle de confiance de 3.93 à 4.21. À nouveau, on peut observer une forte concentration de réponses en faveur de l'énoncé avec une médiane de 4 et une bonne répartition au niveau des plus petites valeurs.

Tableau 3.23 - Statistiques concernant la question 24

QUESTION NO 24 Votre superviseur cherche à trouver des outils ou des moyens pour faciliter votre travail.										Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.21	1.44	1	4	5	5	6	3.52	4.90	1.09	2.12	4	5	1.592	0.000
Ingeniere	89	4.13	1.24	1	4	4	5	6	3.87	4.40	1.08	1.45	4	5	4.815	0.000
Methodes	15	4.11	1.21	1	4	4	5	6	3.70	4.53	0.98	1.58	4	4.70	1.759	0.000
Planification	18	4.06	1.43	1	2.75	5	5	6	3.34	4.77	1.08	2.15	3.52	5	1.563	0.000
Qualite	30	3.97	1.25	1	3	4	5	6	3.50	4.43	0.99	1.67	4	4.77	0.943	0.015
Production	97	3.94	1.21	1	3	4	5	6	3.70	4.18	1.06	1.40	4	4	3.346	0.000
Service client	12	4.58	1.00	3	4	5	5	6	3.95	5.22	0.71	1.69	4	5	0.590	0.097
Total	302	4.07	1.24	1	3.75	4	5	6	3.93	4.21	1.15	1.35	4	4	12.51	0.000

En ce qui concerne la dernière question, la question 47, celle-ci stipule que les superviseurs sont prêts à trouver de l'aide extérieure en cas de besoin. Les répondants sont un peu en faveur de l'énoncé avec une moyenne de 3.90 et un intervalle de confiance de 3.75 à 4.04. Les mêmes commentaires concernant les autres questions au niveau de la supervision s'appliquent ici également.

Tableau 3.24 - Statistiques concernant la question 47

QUESTION NO 47 Votre superviseur vous aide à trouver de l'aide extérieure à votre groupe en cas de difficultés (s'il n'y a pas de ressources internes disponibles).										Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.53	1.07	2	3	3	4	6	3.01	4.04	0.81	1.59	3	4	0.785	0.034
Ingeniere	88	4.01	1.22	1	3	4	5	6	3.75	4.27	1.06	1.43	4	5	4.402	0.000
Methodes	15	4.14	1.19	2	3	4	5	6	3.73	4.55	0.96	1.56	4	5	1.211	0.003
Planification	18	3.78	1.31	1	3	4	5	5	3.13	4.43	0.98	1.96	3.52	5	1.303	0.002
Qualite	30	3.13	1.31	1	2	3	4	5	2.65	3.62	1.04	1.76	2	4	1.309	0.002
Production	99	4.03	1.32	1	3	4	5	6	3.77	4.29	1.16	1.54	4	5	5.106	0.000
Service client	13	4.00	1.22	1	4	4	5	5	3.36	4.74	0.88	2.02	4	5	1.393	0.001
Total	304	3.90	1.28	1	3	4	5	6	3.75	4.04	1.18	1.39	4	4	12.69	0.000

En conclusion, les répondants apparaissent un peu en faveur avec l'apport de la supervision pour faciliter leur travail. Par contre, ils semblent plus rebutants sur le point de la consultation auprès d'eux. Au niveau de la fréquence des réponses, celle-ci offre un questionnement raisonnable sur la forte répartition des petites valeurs pour toutes les quatre questions concernant cette section. D'ailleurs, un service pourrait facilement être ciblé afin d'améliorer sa perception. Le service de qualité a obtenu, pour l'ensemble des questions concernant l'appui, les plus faibles résultats.

3.6.4 IDENTITÉ

L'identité est un facteur qui englobe la perception des individus vis-à-vis de leur identification à l'ensemble. Afin d'évaluer cette perception adéquatement, elle sera divisée en deux parties. La première section étudiée par les questions 8, 11 et 43, se concentre autour de l'identification des répondants pour l'entreprise et la deuxième regroupant les questions 35 et 48, se penche sur leur perception des différents services.

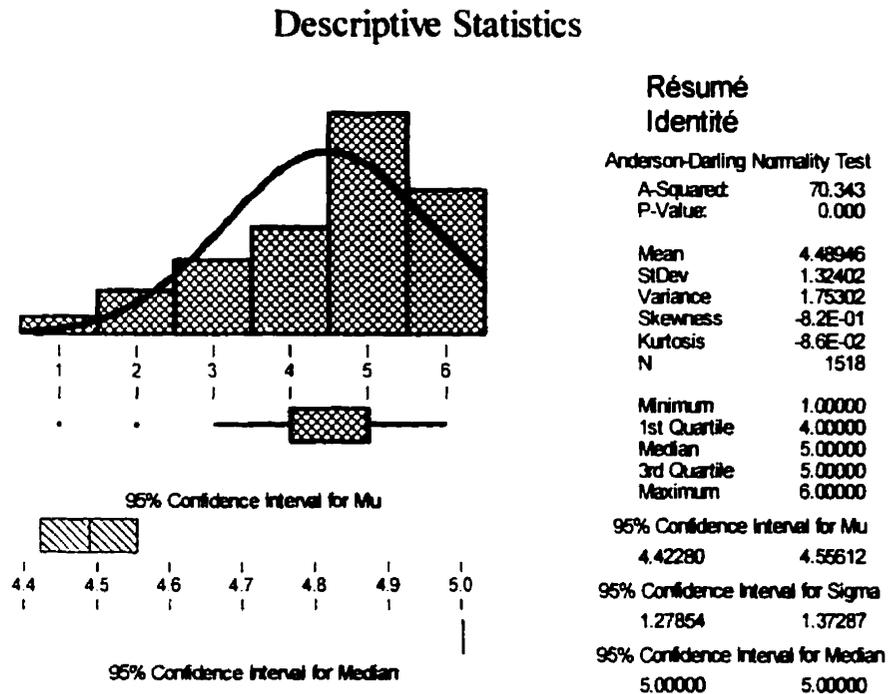


Figure 3.9 - Statistiques complètes concernant l'identité

3.6.4.1 Identité au niveau de l'entreprise

Cette section comprend trois questions permettant d'effectuer le point sur l'identification des répondants à l'entreprise. La première question, la question 8, s'exprime simplement comme le but du travail des répondants est la satisfaction des clients. La grande majorité des répondants affirme être en faveur de l'énoncé avec une moyenne de 5.37 et une médiane de 5 dont l'intervalle de confiance se situe entre 5 et 6. Finalement, nous retrouvons une forte concentration de la fréquence des réponses autour des valeurs 5 et 6.

Tableau 3.25 - Statistiques concernant la question 8

QUESTION NO 8 Le but de votre travail est la satisfaction des besoins des clients.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	5.42	0.61	4	5	5	6	6	5.13	5.71	0.46	0.90	5	6	2.304	0.000
Ingenierie	89	5.27	0.65	3	5	5	6	6	5.13	5.41	0.57	0.77	5	5	9.211	0.000
Methodes	34	5.29	0.68	4	5	5	6	6	5.06	5.53	0.54	0.89	5	6	3.282	0.000
Planification	18	5.33	0.97	2	5	5	6	6	4.85	5.82	0.73	1.45	5	6	2.305	0.000
Qualite	10	5.30	0.95	2	5	5.5	6	6	4.94	5.66	0.76	1.28	5	6	3.217	0.000
Production	99	5.46	0.57	1	5	6	6	6	5.29	5.64	0.77	1.01	6	6	12.81	0.000
Service client	13	5.69	0.48	5	5	6	6	6	5.40	5.98	0.34	0.78	5	6	2.648	0.000
Total	304	5.37	0.78	1	5	5	6	6	5.28	5.46	0.72	0.84	5	6	30.64	0.000

La deuxième question, la question 43, s'intéresse au sentiment d'appartenance à Canadair. L'énoncé spécifiait simplement que les répondants étaient fiers de travailler pour Canadair. À nouveau, les répondants sont en faveur de l'énoncé. La moyenne obtenue est de 5.24 et tous les répondants se retrouvent au-dessus de la valeur de 5. De plus, la médiane a un décompte de 5 et un intervalle de confiance de 5 à 6. Un dernier fait à noter est que la valeur la plus petite du premier quart est de 4 pour le service de qualité, tandis que les autres ont obtenu un décompte de 5 ce qui est très élevé.

Tableau 3.26 - Statistiques concernant la question 43

QUESTION NO 43 Vous êtes fier (fière) de travailler pour Canadair.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	5.16	1.01	3	5	5	6	6	4.67	5.65	0.77	1.50	5	6	1.618	0.000
Ingenierie	89	5.17	0.84	2	5	5	6	6	4.99	5.35	0.73	1.00	5	6	6.514	0.000
Methodes	35	5.14	0.91	2	5	5	6	6	4.83	5.46	0.74	1.20	5	6	2.955	0.000
Planification	18	5.67	0.49	5	5	6	6	6	5.43	5.91	0.36	0.73	5	6	3.560	0.000
Qualite	29	4.86	1.16	1	4	5	6	6	4.42	5.30	0.92	1.56	5	5	1.777	0.000
Production	99	5.33	1.06	1	5	6	6	6	5.12	5.54	0.93	1.23	5	6	12.31	0.000
Service client	13	5.62	0.51	5	5	6	6	6	5.31	5.92	0.36	0.84	5	6	2.345	0.000
Total	304	5.24	0.95	1	5	5	6	6	5.13	5.34	0.88	1.03	5	6	26.40	0.000

La dernière question, la question 11, touche la facilité à effectuer la correspondance entre les objectifs de la compagnie et ceux du travail à effectuer au quotidien. Les répondants semblent un peu en faveur et en faveur de l'énoncé puisque la moyenne se situe à 4.49 avec un intervalle de confiance de 4.37 à 4.62 et la médiane à 5. On peut remarquer à nouveau une concentration des réponses autour des valeurs 5 et 6.

Tableau 3.27 - Statistiques concernant la question 11

QUESTION NO 11 Vous êtes en mesure de faire la correspondance entre les objectifs de la compagnie et de votre travail.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.74	0.93	2	5	5	5	6	4.29	5.19	0.71	1.18	5	5	2.052	0.000
Ingenierie	88	4.44	1.13	1	4	5	5	6	4.20	4.68	0.99	1.33	5	5	5.994	0.000
Methodes	35	4.60	1.17	1	5	5	5	6	4.20	5.00	0.94	1.53	5	5	4.783	0.000
Planification	18	4.67	1.08	3	3.75	5	5.25	6	4.13	5.21	0.81	1.63	4	5	1.213	0.003
Qualite	10	4.07	1.46	1	3	4	5	6	3.52	4.61	1.16	1.96	4	5	1.198	0.003
Production	99	4.54	1.05	1	4	5	5	6	4.33	4.75	0.92	1.22	5	5	5.600	0.000
Service client	13	4.85	0.69	4	4	5	5	6	4.43	5.26	0.49	1.14	4	5	1.167	0.003
Total	104	4.49	1.13	1	4	5	5	6	4.37	4.62	1.05	1.23	5	5	20.34	0.000

En conclusion, la grande majorité des répondants allèguent une identification à l'entreprise. Avec des résultats se concentrant autour des valeurs de 4 à 6, ce constat est fort probable. Il est à noter ici qu'il existait un risque associé à la question 8 puisqu'elle aurait pu contenir une erreur de mesure, la validité. Ainsi, les répondants auraient pu être incités, en fonction de la tournure de la phrase, à répondre en faveur de l'énoncé. Par contre, en regardant les deux autres questions, nous pouvons conclure que celle-ci était valide.

3.6.4.2 Identité au niveau des services

En contrepartie, cette section englobe les questions concernant l'identité des individus par rapport aux différents services. Deux questions permettent de mesurer cette perception. La première étant la question 48, celle-ci demandait si les répondants pouvaient appliquer le même vocabulaire utilisé au sein de leur service qu'avec les gens provenant d'autres services. Les répondants semblent mitigés quant à cet énoncé, quoique légèrement en faveur. La moyenne obtient une valeur de 3.70 avec un intervalle de confiance de 3.55 et 3.85. La médiane se précise à 4. On retrouve dans les services paraissant les plus touchés par cet énoncé, le service à la clientèle et la planification.

Tableau 3.28 - Statistiques concernant la question 48

QUESTION NO 48 Vous ne pouvez pas utiliser le même vocabulaire avec des gens provenant de d'autres départements.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A- Squar	P Value			
Achats	19	3.63	1.34	1	2	4	5	5	2.98	2.78	1.01	1.98	2.86	5	1.050	0.007
Ingenierie	89	3.83	1.11	1	3	4	5	6	3.60	4.07	0.97	1.30	4	4	3.174	0.000
Methodes	14	3.50	1.24	1	2.75	4	5	5	3.07	3.93	1.00	1.63	3	4	1.279	0.002
Planification	18	3.33	1.33	1	2.75	4	4	5	2.67	3.99	1.00	1.99	3	4	0.986	0.010
Qualite	30	4.00	1.41	1	3	4	5	6	3.47	4.53	1.13	1.90	3	5	1.051	0.008
Production	98	3.68	1.43	1	2.75	4	5	6	3.40	3.97	1.26	1.68	3	4	2.847	0.000
Service client	13	3.15	1.14	2	2.5	3	3	6	2.46	3.84	0.82	1.89	2.68	3	1.677	0.000
Total	303	3.70	1.30	1	3	4	5	6	3.55	3.85	1.21	1.41	4	4	8.474	0.000

La dernière question, la question 35 présentée au tableau suivant, touche les décisions prises par les répondants. Celles-ci doivent être prises avec les gens qui seront directement affectés. De plus, les répondants sont mitigés mais un peu plus en faveur de

l'énoncé. La valeur de la moyenne est de 3.64 avec un intervalle de confiance de 3.5 et 3.79. La fréquence des réponses se concentre autour de la valeur 4, puisque la médiane a obtenu ce résultat ainsi que son intervalle de confiance.

Tableau 3.29 - Statistiques concernant la question 35

QUESTION NO 35 Les décisions concernant votre travail sont prises avec les gens qui seront affectées.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Square	P Value			
Achats	19	3.68	1.16	1	3	4	5	5	3.13	4.24	0.87	1.71	3	4.14	0.858	0.022
Ingénierie	88	3.56	1.20	1	3	4	4	6	3.30	3.81	1.05	1.41	3	4	3.009	0.000
Méthodes	35	3.94	1.11	2	3	4	5	6	3.56	4.32	0.90	1.45	4	5	1.726	0.000
Planification	18	2.94	1.55	1	1.75	3	5	5	2.17	3.72	1.16	2.33	2	4.48	0.871	0.020
Qualité	30	3.30	1.18	1	2	3	4	5	2.86	3.74	0.94	1.58	3	4	0.995	0.011
Production	99	3.82	1.34	1	3	4	5	6	3.55	4.08	1.17	1.55	4	4	3.499	0.000
Service client	12	4.00	1.28	1	3	4.5	5	5	3.19	4.81	0.91	2.17	3	5	1.035	0.006
Total	303	3.64	1.28	1	3	4	5	6	3.50	3.79	1.18	1.39	4	4	10.39	0.000

En conclusion, en ce qui concerne la perception de l'identification entre les services des répondants, ces derniers semblent quelque peu en faveur. La moyenne se rapprochait de la valeur neutre de 3.5 avec des résultats de 3.70 pour la première question et 3.64 pour la deuxième.

3.6.5 GRATIFICATION POUR LE RENDEMENT

Le prochain facteur concerne la perception de la gratification pour le rendement des répondants, c'est-à-dire la façon dont la récompense et la reconnaissance des efforts, et de la ténacité au travail sont attribuées. Ainsi, cette question est étudiée tout d'abord selon des politiques générales pour se terminer par la suite sur la façon dont les

répondants remarquent ce facteur au quotidien. La figure suivante présente sommairement les résultats étudiés par les questions 12, 19, 25, 30 et 40.

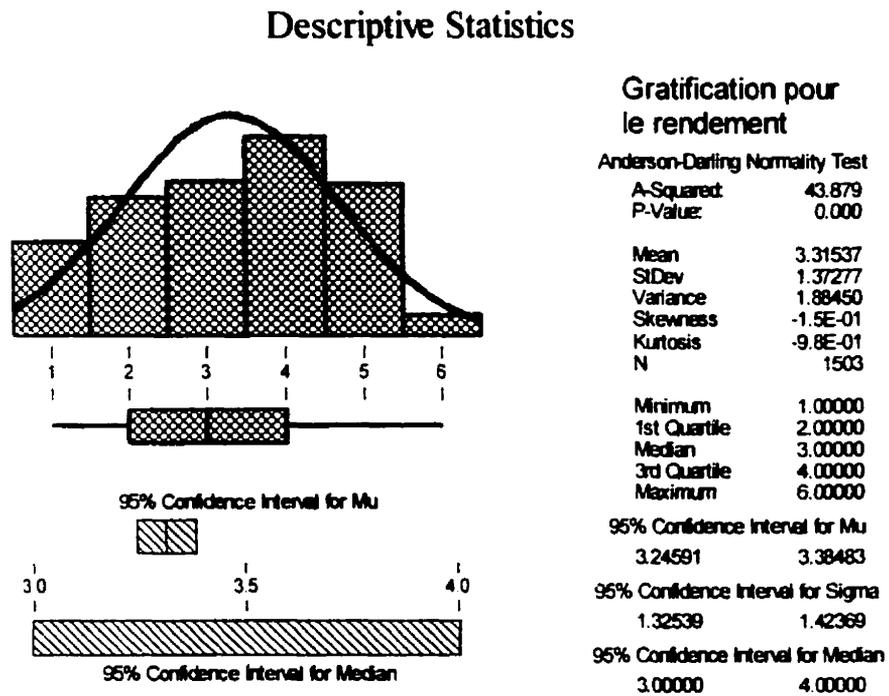


Figure 3.10 - Statistiques complètes concernant la gratification pour le rendement

3.6.5.1 Gratification pour le rendement en général

Cette section vise plus particulièrement les politiques générales et s'appuie sur deux questions. La première, la question 12, dont les résultats sont présentés au tableau suivant, demandait simplement si les travailleurs étaient évalués et récompensés selon leur contribution. De façon unanime, les répondants semblent un peu en désaccord avec l'énoncé. La moyenne a obtenu une marque de 2.83 comprise dans un intervalle de confiance de 2.67 à 3.00. De plus, la médiane se retrouve exactement avec un résultat de 3. Quant à la fréquence des données, celles-ci se retrouvent entre les valeurs de 2 à 4, ce qui démontre bien les résultats obtenus.

Tableau 3.30 - Statistiques concernant la question 12

QUESTION NO 12 Les gens sont évalués et récompensés selon leur contribution à la compagnie.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	2.63	1.50	1	2	2	3	6	1.91	3.35	1.13	2.22	2	3	1.069	0.006
Ingénierie	89	2.98	1.35	1	2	3	4	6	2.69	3.26	1.18	1.58	2	3	2.879	0.000
Méthodes	34	3.20	1.28	1	2	3	4	5	2.75	3.66	1.05	1.71	2.88	4	1.150	0.005
Planification	18	3.00	1.37	1	2	3	4	5	2.32	3.68	1.03	2.06	2	4	1.083	0.006
Qualité	30	2.53	1.33	1	1.75	2	4	6	2.06	3.03	1.06	1.78	2	3	1.392	0.001
Production	98	2.58	1.56	1	1	2	3.25	6	2.27	2.89	1.37	1.81	2	3	5.053	0.000
Service client	13	3.62	1.50	1	3	4	5	6	2.71	4.52	1.08	2.48	3	5	0.465	0.211
Total	303	2.83	1.45	1	2	3	4	6	2.67	3.00	1.34	1.57	2	3	9.723	0.000

De même, la deuxième question, la question 25, a obtenu des résultats peu encourageants. Celle-ci se penchait sur le fait que la compagnie récompense les gens qui réussissent avec succès. La moyenne de cette question apparaît faiblement avec 3.17

dans un intervalle de confiance de 3.02 à 3.33. Par contre, la médiane semble un peu plus forte avec un décompte de 3 dans un intervalle de confiance de 3 à 4. Les services apparaissant les plus touchés, sont les services ayant un niveau d'exécution plus élevé; le service de production et de qualité. Ces derniers font baisser sensiblement la moyenne.

Tableau 3.31 - Statistiques concernant la question 25

QUESTION NO 25 La compagnie récompense les gens qui réussissent avec succès.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.53	0.96	2	3	4	4	5	3.06	3.99	0.73	1.43	3	4	0.874	0.020
Ingenierie	89	3.49	1.25	1	2	4	4	6	3.23	3.76	1.09	1.47	3	4	3.087	0.000
Methodes	35	3.37	1.09	1	3	4	4	5	3.00	3.74	0.88	1.42	3	4	1.771	0.000
Planification	18	3.17	1.47	1	2	3.5	4.25	5	2.44	3.90	1.10	2.20	2	4	0.768	0.037
Qualite	29	2.97	1.24	1	2	3	4	6	2.49	3.44	0.98	1.68	2.83	3	1.028	0.009
Production	98	2.71	1.46	1	1	3	4	6	2.42	3.01	1.28	1.70	2	3	3.448	0.000
Service client	13	3.92	1.12	2	3	4	5	5	3.25	4.60	0.80	1.84	3	5	0.811	0.026
Total	303	3.17	1.33	1	2	3	4	6	3.02	3.33	1.24	1.45	3	4	8.729	0.000

En conclusion, la perception sur la gratification pour le rendement en général ne semble pas très forte. De façon unanime pour les deux questions, les répondants se retrouvaient un peu en désaccord avec les différents énoncés. Ainsi, ils perçoivent un manque sur la façon d'être évalués et récompensés selon leur contribution et leurs succès.

3.6.5.2 Gratification pour le rendement en particulier

Cette section concerne directement la façon dont les répondants sont évalués et suivis à l'intérieur de leur service. Cette section comprend trois questions. La première question, la question 19, stipule que la reconnaissance des efforts s'effectue selon des critères bien précis. Les répondants s'avèrent mitigés relativement à cette question malgré le fait qu'ils soient un peu en désaccords. La moyenne est de 3.30 dans un intervalle de confiance de 3.16 à 3.44 et la médiane à 3. D'ailleurs, la fréquence se situe autour de 3 également en partant de 2 au premier quartile jusqu'à 4 pour le troisième.

Tableau 3.32 - Statistiques concernant la question 19

QUESTION NO 19 La reconnaissance de vos efforts se fait selon des critères précis.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.26	.99	1	3	3	4	5	2.78	3.74	0.75	1.47	3	4	1.061	0.007
Ingénierie	89	3.18	1.04	1	2	3	4	5	2.96	3.40	0.91	1.22	3	4	3.783	0.000
Methodes	35	3.57	1.29	1	2	4	5	5	3.13	4.01	1.04	1.69	3.30	4	2.127	0.000
Planification	18	3.33	1.37	1	2	4	4	5	2.65	4.02	1.03	2.06	2	4	0.824	0.027
Qualite	30	3.00	1.34	1	2	3	4	5	2.50	3.50	1.07	1.80	2	4	0.882	0.021
Production	98	3.34	1.44	1	2	4	4	6	3.05	3.62	1.26	1.67	3	4	3.007	0.000
Service client	13	3.69	1.25	2	2.5	4	5	5	2.94	4.45	0.90	2.06	2.68	5	0.843	0.021
Total	304	3.30	1.26	1	2	3	4	6	3.16	3.44	1.17	1.37	3	4	9.820	0.000

La deuxième question, la question 30, se concentre sur le fait que lors d'une évaluation, la discussion est ouverte sur les différents critères d'évaluation. À nouveau, les répondants apparaissent mitigés. Par contre, cette fois ils se retrouvent un peu en accord avec l'énoncé avec une moyenne de 3.88 enserrée dans un intervalle de confiance

entre 3.73 et 4.00. Par contre, la médiane se situe à 4, ainsi que son intervalle de confiance. D'ailleurs, la fréquence des réponses se retrouve entre les valeurs de 3 à 5. Un fait à noter est le taux de réponses pour cette question. Dix-sept personnes n'ont pas répondu à cette dernière. Quelques commentaires recueillis permettent d'entrevoir un certain problème puisque ceux-ci ne comprenaient pas que les critères pouvaient être discutés lors d'une évaluation. Cet aspect devrait être approfondi par la compagnie.

Tableau 3.33 - Statistiques concernant la question 30

QUESTION NO 30 Lors de votre évaluation, la discussion est ouverte sur les différents critères.										Intervalle de confiance à 95 %				Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4	1	2	3	4	5	5	3.52	4.48	0.76	1.48	3.86	5	1.189	0.003
Ingenierie	80	3.74	1.37	1	3	4	5	6	3.43	4.04	1.18	1.62	4	4	3.185	0.000
Methodes	35	4.26	1.29	2	3	5	5	6	3.81	4.70	1.04	1.69	4	5	2.448	0.000
Planification	18	3.89	1.32	2	3	4	5	6	3.23	4.55	0.99	1.98	3	5	0.657	0.072
Qualite	28	3.71	1.33	1	3	4	5	6	3.20	4.23	1.05	1.81	3	4.55	1.127	0.005
Production	91	3.87	1.35	1	3	4	5	6	3.59	4.15	1.18	1.58	4	5	4.261	0.000
Service client	13	3.92	1.19	2	3	4	5	6	3.21	4.64	0.85	1.96	3	5	0.478	0.195
Total	288	3.88	1.31	1	3	4	5	6	3.73	4.03	1.21	1.43	4	4	11.90	0.000

La dernière question, la question 40, s'étend sur l'aspect de rétroaction qu'obtiennent les répondants sur leur façon de travailler. Ces derniers apparaissent mitigés quant à l'énoncé. La moyenne se situe à 3.42 avec un intervalle de confiance de 3.27 à 3.56. Par contre, la médiane a obtenu un résultat de 4 mais avec un intervalle de confiance entre 3 et 4. Cette situation s'explique du fait qu'on retrouve une forte majorité de répondants un peu en faveur de l'énoncé, mais avec une bonne répartition des réponses un peu en désaccord et en désaccord avec l'énoncé. Les principaux

services se retrouvant le plus en défaveur de l'énoncé sont les services représentant en général le domaine manufacturier, c'est-à-dire qualité avec 2.83, méthodes 3.29, planification 3.33 et production 3.35.

Tableau 3.34 - Statistiques concernant la question 40

QUESTION NO 40 Régulièrement, vous obtenez du feedback sur la façon de réaliser votre travail.										Intervalle de confiance à 95 %				Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.58	1.22	1	3	4	4	5	2.99	4.16	0.92	1.80	3	4	1.080	0.006
Ingenierie	89	3.62	1.16	1	3	4	5	6	3.37	3.86	1.01	1.36	3	4	3.259	0.000
Methodes	15	3.29	1.25	1	2	4	4	5	2.86	3.72	1.01	1.64	3	4	1.424	0.001
Planification	18	3.33	1.41	1	2	4	4	6	2.63	4.04	1.06	2.12	2	4	0.701	0.055
Qualite	30	2.83	1.26	1	2	3	4	6	2.36	3.30	1.00	1.70	2	3	0.941	0.015
Production	99	3.35	1.37	1	2	4	5	6	3.08	3.63	1.20	1.60	3	4	3.413	0.000
Service client	13	4.08	1.50	1	3	5	5	6	3.17	4.98	1.07	2.47	3	5	1.192	0.003
Total	305	3.42	1.30	1	2	4	4	6	3.27	3.56	1.20	1.41	3	4	4.704	0.000

En conclusion, en ce qui concerne la gratification pour le rendement à l'intérieur des services, les répondants semblent mitigés relativement aux différents énoncés. Ainsi, ils sont un peu en désaccord quant à leur évaluation selon des critères précis avec un résultat de 3.30 pour la moyenne, un peu en accord avec 3.88 sur la discussion ouverte sur ces critères et ni en accord, ni en désaccord sur la rétroaction avec 3.42.

3.6.6 TOLÉRANCE QUANT AUX CONFLITS

Le facteur présenté dans ce segment concerne la tolérance quant aux conflits des répondants. Ce facteur sera présenté tout d'abord selon l'étude de la collaboration entre les différents services et individuelle, pour ensuite s'arrêter sur le respect mutuel. Ces derniers seront détaillés dans les prochaines sections. Un résumé des résultats illustrant ce facteur et traités par les questions 13, 20, 27, 31 et 40, est soumis à la figure suivante.

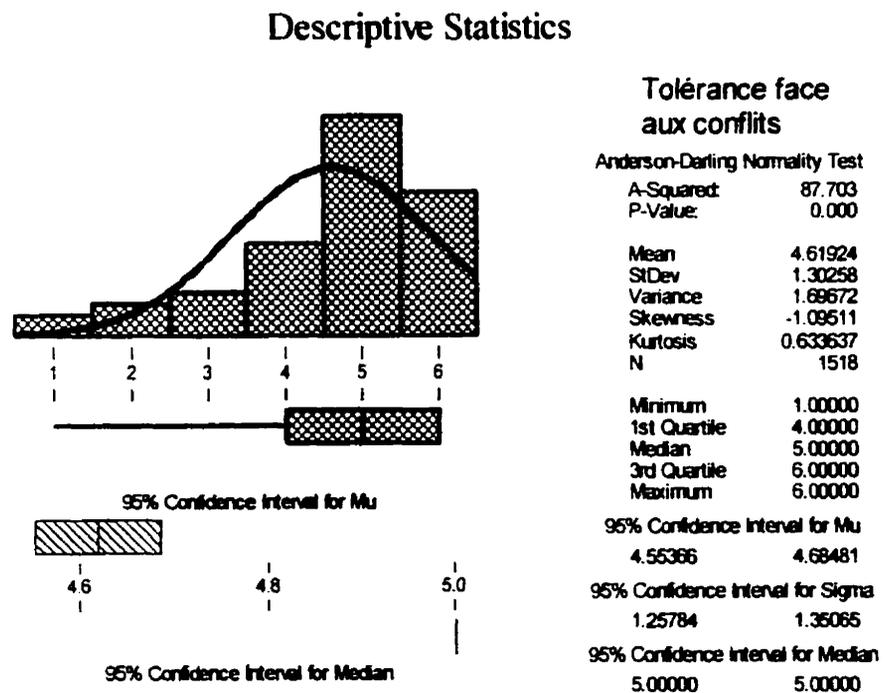


Figure 3.11 - Statistiques complètes concernant la tolérance quant aux conflits

3.6.6.1 Collaboration

Cette première section se penche sur la collaboration entre les services et individuelle, et sur la préparation des gens à rendre cette collaboration efficace. Trois questions vont permettre de statuer la position prise par les répondants. La première question, la question 27, se concentre sur la collaboration entre les services. Lors de cette question, les répondants étaient invités à se prononcer sur le fait que la collaboration entre services causerait des problèmes. Ainsi, plus la valeur est petite et plus les répondants considèrent que la collaboration entre services causera des problèmes. Les répondants semblent percevoir la collaboration entre services favorablement. La moyenne a présenté des résultats de 4.62 dans un intervalle de confiance de 4.45 à 4.79. De plus, la médiane se situe à 5 et on note une forte concentration des réponses autour des valeurs de 4 à 6.

Tableau 3.35 - Statistiques concernant la question 27

QUESTION NO 27 La collaboration entre les départements (production, ingénierie, achat, etc.) causerait plus de problèmes qu'elle n'en résoudrait.									Intervalle de confiance à 95%					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.63	1.67	1	3	5	6	6	3.82	5.44	1.26	2.48	3.86	0	1.521	0.000
Ingénierie	89	5.10	1.11	1	5	5	6	6	4.87	5.33	0.97	1.30	5	6	7.045	0.000
Methodes	35	4.86	1.44	1	4	5	6	6	4.36	5.35	1.16	1.88	5	6	2.915	0.000
Planification	18	4.11	1.94	1	2	5	6	6	3.15	5.07	1.45	2.90	2.52	6	1.273	0.002
Qualité	30	4.67	1.52	1	3.75	5	6	6	4.10	5.23	1.21	2.04	5	6	2.172	0.000
Production	98	4.22	1.67	1	3	5	6	6	3.89	4.56	4.46	1.94	4	5	4.598	0.000
Service client	13	4.31	1.38	1	4	4	5.5	6	3.48	5.14	0.99	2.27	4	5.32	0.754	0.037
Total	304	4.62	1.52	1	4	5	6	6	4.45	4.79	1.41	1.66	5	5	19.58	0.000

La prochaine question, la question 20, tente d'éclaircir la perception de la collaboration individuelle. Le résumé de la question stipulait que les participants voulaient participer aux problèmes affectant plusieurs services. Une fois de plus, les répondants semblent en faveur de l'énoncé. La moyenne est similaire avec un décompte de 4.42 dans un intervalle de confiance de 4.26 à 4.57. D'ailleurs, la médiane a également obtenu une valeur de 5 et les réponses se situent à nouveau autour des valeurs de 4 à 6.

Tableau 3.36 - Statistiques concernant la question 20

QUESTION NO 20 Vous voulez participer aux décisions prises pour régler un problème affectant plusieurs départements.									Intervalle de confiance à 95%						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.58	1.39	1	4	5	6	6	3.91	5.24	1.04	2.05	4	5.13	1.056	0.007
Ingenierie	89	4.13	1.35	1	3	4	5	6	3.85	4.42	1.18	1.58	4	5	4.010	0.000
Methodes	35	5.03	1.07	1	5	5	6	6	4.66	5.40	0.87	1.40	5	5.70	2.980	0.000
Planification	18	4.78	0.88	3	4	5	5	6	4.34	5.21	0.66	1.32	4.52	5	1.433	0.001
Qualite	29	4.52	1.45	1	3.5	5	6	6	3.96	5.07	1.15	1.97	4	5	1.754	0.000
Production	98	4.33	1.55	1	3	5	5	6	4.02	4.64	1.35	1.80	4.83	5	5.422	0.000
Service client	13	4.54	1.39	1	4	5	5.5	6	3.70	5.38	1.00	2.30	4	5.32	0.756	0.036
Total	303	4.42	1.40	1	4	5	5	6	4.26	4.57	1.30	1.52	5	5	16.28	0.000

La dernière question, la question 31, stipule que les répondants sont bien préparés à travailler efficacement avec les autres services. Également pour cette question, les répondants sont en faveur de l'énoncé. La moyenne est de 4.69, la médiane de 5 et les réponses se concentrent autour de la valeur de 5.

Tableau 3.37 - Statistiques concernant la question 31

QUESTION NO 31 Vous vous sentez préparé(e) à travailler efficacement avec des gens provenant de départements différents, comme ingénierie, méthodes, fabrication, qualité, etc.									Intervalle de confiance à 95%						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.53	1.43	1	4	4	6	6	3.84	5.21	1.08	2.11	4	6	1.005	0.009
Ingenierie	88	4.68	1.16	1	4	5	5	6	4.44	4.93	1.01	1.36	5	5	4.280	0.000
Methodes	15	5.09	0.89	3	5	5	6	6	4.78	5.39	0.72	1.16	5	5.70	2.818	0.000
Planification	18	4.56	1.10	2	4	5	5	6	4.01	5.10	0.82	1.64	4	5	0.932	0.014
Qualite	31	4.50	1.36	1	3	5	6	6	3.99	5.01	1.08	1.83	4	5	1.368	0.001
Production	99	4.67	1.15	1	4	5	5	6	4.44	4.90	1.01	1.34	5	5	7.731	0.000
Service client	13	4.62	0.87	3	4	5	5	6	4.09	5.14	0.62	1.44	4	5	1.444	0.001
Total	304	4.69	1.15	1	4	5	5	6	4.56	4.82	1.07	1.25	5	5	16.97	0.000

En conclusion, les répondants sont unanimement en faveur des différents énoncés. Ainsi, la préparation et la collaboration directe, qu'on retrouve au niveau des services ou individuellement, semblent ne présenter aucun problème. Toutes les moyennes obtenues variaient entre les valeurs de 4 et de 5. De plus, la médiane pour les trois énoncés se situait toujours à 5.

3.6.6.2 Respect

Cette section se penche sur les éléments permettant d'évaluer la perception des répondants concernant le respect entre les individus en ce qui concerne la critique et la récompense en équipe. Cette section est divisée en deux questions. La première question, la question 13, se penche spécifiquement sur la critique provenant d'un autre service. L'énoncé présentait comme étant important les suggestions provenant d'un autre service. Les répondants semblent en faveur de l'énoncé puisque la moyenne a obtenu un résultat probant de 4.67 dans un intervalle de confiance de 4.55 à 4.80. De

façon majoritaire, la médiane est de 5 et la fréquence des réponses tourne autour de cette valeur.

Tableau 3.38 - Statistiques concernant la question 13

QUESTION NO 13 Les suggestions faites sur votre travail par quelqu'un d'un autre département sont importantes.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value		
Achats	19	4.68	1.00	2	4	5	5	6	4.20	1.17	4	1.068	0.006		
Ingénierie	89	4.69	.94	2	4	5	5	6	4.49	1.10	5	6.512	0.000		
Methodes	35	4.69	1.21	1	4	5	5	6	4.27	1.58	5	3.191	0.000		
Planification	18	4.72	0.83	3	4	5	5	6	4.31	1.24	4	1.101	0.005		
Qualite	30	4.37	1.10	1	4	5	5	6	3.96	1.48	4	2.632	0.000		
Production	98	4.76	1.28	1	4	5	6	6	4.50	1.13	5	6.210	0.000		
Service client	13	4.77	0.73	3	4.5	5	5	6	4.33	1.20	4.68	1.788	0.000		
Total	104	4.67	1.11	1	4	5	5	6	4.55	1.03	5	19.25	0.000		

La contenance de la deuxième question, la question 44, touche l'éventualité des répondants d'être récompensés selon la performance de l'équipe si ceux-ci faisaient parties intégrantes d'une équipe de développement. Tous les répondants sont en faveur de l'énoncé, puisque la moyenne se situe à 4.70, la médiane à 5 et les réponses se concentrent entre les valeurs 5 et 6.

Tableau 3.39 - Statistiques concernant la question 44

QUESTION NO 44 Si vous travaillez en équipe, vous seriez prêt(e) à être récompensé(e) selon les performances de l'équipe.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value		
Achats	19	4.95	0.62	3	5	5	5	6	4.65	0.92	5	3.619	0.000		
Ingénierie	88	4.56	1.25	1	4	5	5	6	4.29	1.09	5	5.106	0.000		
Methodes	35	4.71	1.27	1	4	5	6	6	4.28	1.67	5	2.772	0.000		
Planification	18	4.67	1.53	2	3	5	6	6	3.90	2.30	4.04	1.674	0.000		
Qualite	30	4.43	1.43	1	3	5	5	6	3.90	1.14	4.23	2.153	0.000		
Production	98	4.86	1.32	1	5	5	6	6	4.59	1.15	5	8.831	0.000		
Service client	13	4.69	0.95	3	4	5	5.5	6	4.12	1.56	4	5.32	0.051		
Total	303	4.70	1.27	1	4	5	6	6	4.56	1.17	5	21.65	0.000		

En conclusion, les répondants sont favorables des différents énoncés de cette section. Ainsi, ils semblent tolérants relativement à la critique provenant d'un autre service et sont prêts à être récompensés selon les performances d'une équipe de conception dans l'éventualité d'une participation future. Globalement, les résultats obtenus sur ce facteur de la culture organisationnelle démontrent la tolérance des répondants de tous les services quant aux conflits.

3.6.7 TOLÉRANCE QUANT AU RISQUE

Le dernier facteur se penche particulièrement sur la perception des répondants en ce qui concerne la tolérance de la direction quant au risque. Ce facteur peut être défini simplement comme étant le degré de soutien à être créatif, insufflé aux travailleurs. Deux sections vont permettre d'évaluer cette perception: l'appui de la direction et l'encouragement à l'innovation. Un sommaire des résultats obtenus à partir des questions 16, 21, 29, 32, 36, 42 et 45, est présenté ci-dessous.

Descriptive Statistics

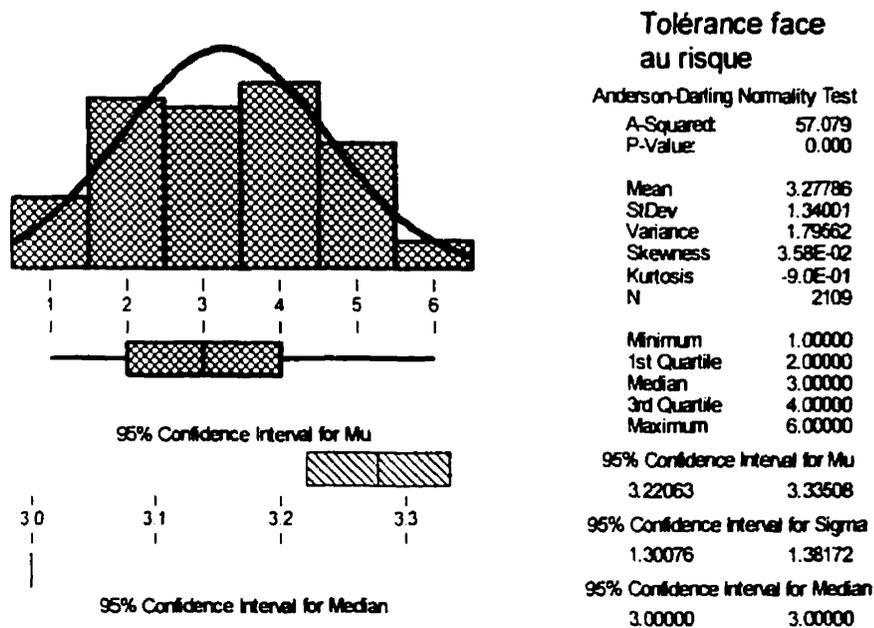


Figure 3.12 - Statistiques complètes concernant la tolérance quant au risque

3.6.7.1 Appui de la direction

Cette section comprend les différents aspects permettant de cerner l'appui de la direction, quatre questions la composent. La première étant la question 16, détermine la tolérance de la direction quant à l'échec. Plus la valeur est petite, moins la direction fait preuve de tolérance. La moyenne se situe à 3.18 dans un intervalle de confiance de 3.04 à 3.33. Cette position confère un faible manque de tolérance de la direction. De plus, la médiane se situe à 3 et la fréquence gravite autour des résultats 2 à 4. Le service, ayant obtenu les résultats les plus faibles, est celui de production.

Tableau 3.40 - Statistiques concernant la question 16

QUESTION NO 16 La direction ne supporte pas l'échec.										Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.26	1.43	2	2	3	4	5	2.69	3.84	90	1.77	2	4	1.143	0.004
Ingenierie	58	3.26	1.20	1	2	3	4	5	3.01	3.51	1.04	1.41	3	4	3.149	0.000
Methodes	34	3.32	1.32	1	2	3	4	6	2.86	3.78	1.06	1.74	3	4	0.943	0.015
Planification	17	3.06	1.30	1	2	3	4	6	2.39	3.73	1.00	1.97	2	4	0.677	0.063
Qualite	28	3.54	1.32	2	2	3	5	6	3.02	4.05	1.04	1.80	3	4	1.178	0.004
Production	96	2.88	1.32	1	2	3	4	6	2.61	1.14	1.16	1.54	2	3	3.528	0.000
Service client	13	3.77	0.83	2	3	4	4	5	3.27	4.27	0.60	1.37	3	4	0.943	0.012
Total	297	3.18	1.27	1	2	3	4	6	3.04	1.33	1.17	1.38	3	3	9.424	0.000

La deuxième question, la question 21, énonce que la direction démontre de la reconnaissance aux gens décidant de courir des risques calculés. De concert, les répondants semblent un peu en désaccord avec l'énoncé. La moyenne obtenue est de 3.15 dans un intervalle de confiance de 3.01 à 3.29. Les mêmes commentaires concernant la médiane et la fréquence des réponses de la question 16, s'appliquent ici. D'ailleurs, le service percevant le plus négativement cet énoncé se révèle encore être celui de production.

Tableau 3.41 - Statistiques concernant la question 21

QUESTION NO 21 La direction offre de la reconnaissance aux personnes qui prennent des risques calculés.										Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.47	1.26	1	3	4	4	6	2.86	4.08	0.95	1.86	3	4	1.317	0.001
Ingenierie	89	3.10	1.06	1	2	3	4	5	2.88	3.32	0.92	1.24	3	3	3.656	0.000
Methodes	35	3.40	1.17	1	2	3	4	5	3.00	3.80	0.94	1.53	3	4	1.386	0.001
Planification	18	3.33	1.37	1	2	3	5	5	2.65	4.02	1.03	2.06	2.51	4.48	0.650	0.075
Qualite	28	3.14	1.21	1	2	3.5	4	5	2.67	3.61	0.96	1.64	3	4	1.628	0.000
Production	96	2.96	1.45	1	2	3	4	6	2.66	3.25	1.27	1.69	2	3	2.963	0.000
Service client	13	3.54	1.20	1	3	4	4	5	2.81	4.26	0.86	1.98	3	4.32	0.506	0.164
Total	300	3.15	1.26	1	2	3	4	6	3.01	3.29	1.17	1.37	3	3	8.461	0.000

La troisième question, la question 29, concerne la latitude à l'innovation laissée aux employés dans leurs tâches quotidiennes. L'énoncé stipulait que les employés doivent travailler selon des méthodes ou des procédures reconnues. Ainsi, plus la valeur est petite et moins les employés possèdent de latitude. Les répondants considèrent qu'on ne leur attribue pas de latitude. La moyenne obtenue est de 2.34 dans un intervalle de confiance de 2.22 à 2.46. La médiane se situe unanimement à 2. La concentration des résultats gravite entre 2 et 3. Les services les plus touchés par cet énoncé, se révèlent être les achats et la production.

Tableau 3.42 - Statistiques concernant la question 29

QUESTION NO 29 La direction veut que le travail soit réalisé selon des méthodes ou procédures reconnues.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	2	0.75	1	2	2	2	4	1.64	2.36	0.56	1.10	2	2	1.993	0.000
Ingeniere	88	2.33	0.84	1	2	2	3	6	2.15	2.51	0.73	0.99	2	2	6.612	0.000
Methodes	35	2.49	0.95	1	2	2	3	5	2.16	2.81	0.77	1.25	2	3	1.967	0.000
Planification	18	2.56	0.98	1	2	2	3	5	2.07	3.04	0.74	1.47	2	3	1.609	0.000
Qualite	30	3.00	1.44	1	2	2	4	6	2.46	3.54	1.15	1.93	2	4	2.072	0.000
Production	99	2.08	1.08	1	1	2	2	6	1.87	2.30	0.94	1.25	2	2	7.365	0.000
Service client	13	2.69	1.03	2	2	2	3.5	5	2.07	3.32	0.74	1.70	2	3.32	1.654	0.000
Total	304	2.34	1.04	1	2	2	3	6	2.22	2.46	0.97	1.13	2	2	20.63	0.000

La dernière question, la question 36, concerne la marge de manoeuvre laissée aux employés pour questionner le système existant. Les répondants semblent un peu en désaccord avec l'énoncé, c'est-à-dire qu'ils possèdent peu de marge de manoeuvre. La moyenne est de 3.31 dans un intervalle de confiance de 3.16 à 3.46. De plus, la médiane se situe à 3 et les données se concentrent entre les valeurs 2 à 4. Les services

apparaissant les plus affectés par ces résultats, sont les services de planification, de qualité et de production.

Tableau 3.43 - Statistiques concernant la question 36

QUESTION NO 36 Vous avez la marge de manoeuvre nécessaire pour requestionner le système existant.									Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.47	1.02	1	3	4	4	5	2.95	3.97	0.77	1.51	3	4	1.142	0.004
Ingenierie	88	3.12	1.27	1	2	3	4	6	3.05	3.59	1.11	1.50	3	4	2.602	0.000
Methodes	35	3.57	1.29	1	3	4	4	6	3.13	4.01	1.04	1.69	3	4	1.183	0.004
Planification	18	2.83	1.15	1	2	3	4	5	2.26	3.41	0.86	1.72	2	3	3.48	0.053
Qualite	10	2.93	1.44	1	2	3	4	6	2.40	3.47	1.14	1.93	2	3	3.77	0.035
Production	98	3.24	1.43	1	2	3	4	6	2.96	3.53	1.25	1.66	3	4	2.599	0.000
Service client	12	4.58	1.08	3	3.25	5	5	6	3.89	5.27	0.77	1.84	3	4	0.987	0.009
Total	302	3.11	1.35	1	2	3	4	6	3.16	3.46	1.25	1.46	3	4	7.471	0.000

En conclusion, de façon générale, la direction semble être perçue comme fournissant peu de soutien face au risque, avec une forte concentration des valeurs obtenues de 2 à 4 pour l'ensemble des questions. En particulier, on retrouve un manque de tolérance vis-à-vis de l'échec et que les travailleurs doivent utiliser des méthodes et des procédures reconnues. Les services les plus touchés par ce constat apparaissent être ceux où l'on retrouve le plus d'exécution comme les services de production et de qualité.

3.6.7.2 Encouragement à l'innovation

Cette partie englobe trois questions permettant de faire le point sur l'encouragement de la direction à l'innovation. Ainsi, elles vont toucher les points

concernant la présence de pression à innover, la recherche de nouvelles idées et l'accessibilité des ressources afin de supporter cet encouragement à l'innovation. La première question, la question 42, stipule particulièrement que les employés ressentent une pression de la direction à innover. Sur ce point, les répondants semblent mitigés quoique favorable à l'énoncé. Cette conclusion s'appuie sur le résultat de 3.64 de la moyenne et qui est compris dans un intervalle de confiance de 3.50 à 3.79. Par contre, la médiane se situe à 4 et la fréquence des données se concentre autour des valeurs de 3 à 5.

Tableau 3.44 - Statistiques concernant la question 42

QUESTION NO 42 Vous sentez une pression de la direction pour améliorer votre façon de faire.										Intervalle de confiance à 95 %					Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max		μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.37	1.21	1	3	3	4	6		2.78	3.95	0.91	1.79	3	4	0.600	0.102
Ingenierie	89	3.43	1.17	1	3	3	4	6		3.18	3.67	1.02	1.37	3	4	2.845	0.000
Methodes	15	3.86	1.12	2	3	4	5	6		3.47	4.14	0.90	1.46	3.30	4	1.282	0.002
Planification	18	3.78	1.51	1	2.75	4	5	6		3.02	4.53	1.14	2.27	3	5	0.881	0.019
Qualite	30	3.10	1.27	1	2	3	4	5		2.63	3.57	1.01	1.71	2.23	4	0.988	0.011
Production	98	3.93	1.39	1	3	4	5	6		3.65	4.21	1.22	1.61	4	4.17	3.235	0.000
Service client	13	3.69	0.85	2	3.5	4	4	5		3.18	4.21	0.61	1.41	3.68	4	1.975	0.000
Total	304	3.64	1.28	1	3	4	5	6		3.50	3.79	1.19	1.40	4	4	8.463	0.000

La deuxième question, la question 32, s'intéresse au fait que les idées différentes et innovatrices sont encouragées et mises en oeuvre. Les répondants apparaissent faiblement en faveur de l'énoncé. La moyenne a obtenu une marque de 3.89 dans un intervalle de confiance de 3.75 à 4.04. La médiane se situe exactement à 4 et on remarque une certaine concentration des réponses pour les valeurs de 4 à 6. Par contre, on dénote une forte répartition des réponses pour les valeurs de 1 à 2 ce qui vient

balancer la moyenne. Les services le moins en faveur de l'énoncé sont les services de qualité, de planification et de production.

Tableau 3.45 - Statistiques concernant la question 32

QUESTION NO 32 Les idées différentes et innovatrices sont encouragées et mises en oeuvre.										Intervalle de confiance à 95 %					Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	4.05	1.27	1	3	4	5	6	3.44	4.66	0.96	1.88	1.86	5	0.675	0.066
Ingénierie	88	4.02	1.13	1	3	4	5	6	3.78	4.26	0.99	1.33	4	4	3.558	0.000
Methodes	35	4.23	1.21	2	4	4	5	6	3.81	4.65	0.98	1.60	4	5	1.699	0.000
Planification	18	3.78	1.17	2	3	4	5	5	3.20	4.36	0.87	1.75	3	5	1.154	0.004
Qualite	10	3.43	1.33	1	2.75	3.5	4.25	6	2.94	4.93	1.06	1.79	1	4	0.800	0.034
Production	99	3.76	1.35	1	3	4	5	6	3.49	4.03	1.18	1.57	4	4	3.292	0.000
Service client	13	4.23	0.93	2	4	4	5	5	3.67	4.79	0.66	1.53	4	5	1.133	0.004
Total	304	3.89	1.25	1	3	4	5	6	3.75	4.04	1.15	1.35	4	4	10.97	0.000

La dernière question, la question 45, se penche sur l'accessibilité des ressources humaines, matérielles et financières pour les employés désirant innover. Les répondants quant à cette question semblent mitigés. La moyenne se situe à 3.42 dans un intervalle de confiance de 3.27 à 3.58. La médiane a obtenu un résultat de 4 dans un intervalle de confiance de 3 à 4. D'ailleurs, on dénote une concentration des données pour la valeur 4. Par contre, il faut remarquer qu'une forte répartition des résultats gravite autour des valeurs de 1 à 3. Nous retrouvons également à cette section les services de qualité et de production comme étant les moins favorables. Par contre, il est à noter que le service d'ingénierie se retrouve aussi comme étant un des services les moins favorables à cet énoncé.

Tableau 3.46 - Statistiques concernant la question 45

QUESTION NO 45 Les ressources humaines, matérielles et financières peuvent être accessibles à des gens qui veulent innover les façons de faire ou de nouveaux produits.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Achats	19	3.32	1.57	1	2	3	4	6	2.56	4.07	1.18	2.31	2	4	0.420	0.294
Ingénierie	87	3.16	1.26	1	2	3	4	6	3.00	3.53	1.10	1.48	3	4	2.460	0.000
Méthodes	34	3.5	1.16	1	2.75	4	4	5	3.09	3.91	0.94	1.53	3	4	1.907	0.000
Planification	18	1.78	1.17	2	2.75	4	5	5	3.20	4.36	0.87	1.75	3	5	1.167	0.003
Qualité	30	3.00	1.28	1	2	3	4	5	2.52	3.48	1.02	1.73	2	4	1.007	0.010
Production	296	2.58	1.55	1	2	4	5	6	3.27	3.90	1.35	1.80	3	4	2.438	0.000
Service client	12	3.67	1.07	1	3	4	4	5	2.98	4.35	0.76	1.82	3	4	0.907	0.014
Total	298	3.42	1.36	1	2	4	4	6	3.27	3.58	1.26	1.48	3	4	7.873	0.000

En conclusion, en ce qui a trait à l'encouragement à l'innovation, les répondants semblent mitigés. Ainsi, ces résultats sont observables au niveau des trois questions puisque leur moyenne se situait à 3.64, 3.89 et 3.42 respectivement. De plus, les services ayant le plus d'exécution à l'intérieur de leurs tâches comme les services de production, de qualité et de planification semblent les moins favorables aux différents énoncés. Finalement, le service d'ingénierie se révèle un peu en désaccord avec l'énoncé concernant l'attribution des ressources afin de supporter l'innovation.

3.7 ANALYSE DES RÉSULTATS CONCERNANT L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

La troisième partie du questionnaire, regroupant les questions 52 à 56, vise à définir le niveau de connaissance de l'ingénierie simultanée auprès des répondants, de valider leur perception sur ce concept et d'identifier l'utilisation des outils au sein de ce

concept. Ces différents points vont être définis convenablement tout au long des sections qui suivent.

3.7.1 CONNAISSANCE DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Une étape importante du questionnaire était de déterminer si les répondants connaissaient le concept d'ingénierie simultanée. La question a été simplement et directement posée aux répondants à la question 52 : « Connaissez-vous l'ingénierie simultanée (*concurrent engineering*) ? ». Vous remarquerez que l'expression anglaise « *concurrent engineering* » a été insérée dans la question afin d'aller chercher un maximum de taux de réponse positive à cette question puisque que le terme anglais est très populaire. Une stratégie semblable a été utilisée dans la version anglaise du questionnaire en inscrivant les deux termes populaires pour décrire l'ingénierie simultanée: « *concurrent engineering* » et « *simultaneous engineering* ».

Le taux de réponse globale à cette question se révèle très élevé, 98,5 %, puisque nous ne retrouvons que 4 non-répondants. Au niveau des répondants, on obtient 78 personnes (25,5 %) qui ont répondu dans l'affirmative à la question et 223 (73 %) négativement.

Le résultat de 25.5 % de gens connaissant l'ingénierie simultanée est encourageant. En regardant le tableau suivant, nous remarquons que 48.3 % des gens d'ingénierie et 40 % de méthodes connaissent l'ingénierie simultanée. Tandis que les services moins scolarisés, comme production, qualité et planification qui regroupent 147 répondants, c'est-à-dire 48.1 % de l'échantillon total, n'ont que 15 individus (10 %) connaissant l'ingénierie simultanée.

Tableau 3.47 – Comparaison entre le nombre de répondants connaissant l'ingénierie simultanée et le nombre de personnes qui ont retourné le questionnaire

Comparaison du nombre de répondants avec l'échantillon

Services	Nb répondants	Échantillon	
Achats	4	19	21.1%
Ingénierie	43	89	48.3%
Méthodes	14	35	40.0%
Planification	2	18	11.1%
Production	8	99	8.1%
Qualité	5	30	16.7%
Service à la clientèle	1	13	7.7%

Afin de bien démontrer ce facteur déterminant qu'est la scolarisation au niveau de la connaissance de l'ingénierie simultanée, nous avons bâti le tableau suivant. Dans ce tableau, nous démontrons la répartition des gens qui connaissent l'ingénierie simultanée, en fonction de leur scolarité. On remarque qu'en additionnant les individus

ayant un baccalauréat, nous obtenons 44 personnes, c'est-à-dire 56.4 % des gens connaissant l'ingénierie simultanée. Pour les gens du Cégep, nous observons un résultat de 23 personnes d'où 29.5 %. Ainsi, seulement avec ces deux catégories, nous avons 85.9 % des individus connaissant l'ingénierie simultanée.

Tableau 3.48 – Répartition des répondants connaissant l'ingénierie simultanée par service et détaillée en fonction de leur scolarité

Répartition des répondants					
Services			Scolarité		
Achats	4	5%	Baccalauréat	3	75%
			Hautes études	1	25%
Ingénierie	43	55%	Autres	2	5%
			Cégep	6	14%
			Baccalauréat	31	72%
			Hautes études	4	9%
Méthodes	14	18%	Autres	1	7%
			Cégep	8	57%
			Baccalauréat	5	36%
Planification	2	2.75%	Baccalauréat	2	100%
Production	8	10.25%	Autres	1	12.5%
			Secondaire	2	25%
			Cégep	5	62.5%
Qualité	5	6.5%	Cégep	3	60%
			Baccalauréat	2	40%
Service à la clientèle	1	1.25%	Baccalauréat	1	100%
N'a pas répondu	1	1.25%	Cégep	1	100%
	<u>78</u>	<u>100%</u>			

De plus, en étudiant le tableau attentivement, on remarque que le nombre de gens connaissant l'ingénierie simultanée au sein des services autres qu'ingénierie et méthodes s'avère trop faible pour effectuer des statistiques. Puisque ces services se retrouvent tous en bas de 10 réponses, toutes statistiques émergeant de ces groupes ne seraient pas représentatives au niveau de la population. Les sections suivantes vont permettre de valider le niveau de connaissance des différents concepts de l'ingénierie simultanée et d'identifier la perception des répondants. Alors, dans les sections qui suivent, les tableaux de statistiques afficheront seulement les résultats obtenus par les services d'ingénierie et méthodes. Par contre, les résultats des autres services seront incorporés au niveau du total.

3.7.2 LE PROCESSUS DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Cette section englobe trois questions permettant de mesurer la maîtrise du processus régissant l'ingénierie simultanée par les répondants connaissant ce concept. Ainsi, les questions vont toucher les points concernant la gestion de la conception, l'intégration de la fabrication dans le développement et la réalisation des tâches de façon parallèle. En général, plus la valeur des réponses s'approche de 6, plus la compréhension de l'ingénierie simultanée des répondants sera démontrée. La première question, la question 53 a), stipule que l'ingénierie simultanée permet la gestion efficace de la conception jusqu'à la fabrication du produit. Sur ce point, les répondants

apparaissent favorables. La moyenne a obtenu un résultat de 4.89 dans un intervalle de confiance de 4.67 à 5.12. De plus, la médiane se situe exactement à 5. Finalement, on observe une concentration des réponses sur la valeur 5.

Tableau 3.49 - Statistiques concernant la question 53 a)

QUESTION NO 53A L'ingénierie simultanée permet la gestion efficace de la conception jusqu'à la fabrication du produit.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingeniere	43	4.91	0.81	2	5	5	5	6	4.66	5.16	0.67	1.03	5	6	6642	0.000
Methodes	14	5.07	1.00	2	5	5	6	6	4.50	5.65	0.72	1.61	5	6	2.091	0.000
Total	76	4.89	1.00	1	5	5	5	6	4.67	5.12	0.86	1.19	5	5	8.903	0.000

La question suivante, la question 53 e), affirme que la fabrication ne doit pas être intégrée lors de la conception. Cette question se présente comme une affirmation négative et les valeurs ont été ajustées afin de refléter cette caractéristique. Ainsi, plus la valeur attribuée à cette question apparaît élevée, moins cette affirmation est véridique. La moyenne obtenue pour cette question se situe à 5.12 insérée dans un intervalle de confiance de 4.85 et 5.40, et la médiane à 5. Ce résultat confère que les répondants considèrent la fabrication comme étant intégrée dans la conception.

Tableau 3.50 - Statistiques concernant la question 53 e)

QUESTION NO 53E Il ne faut pas intégrer la fabrication dans la conception.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingeniere	41	5.39	0.92	2	5	6	6	6	5.10	5.68	0.75	1.18	5	6	4.810	0.000
Methodes	14	5.36	0.49	5	5	5	6	6	5.07	5.64	0.36	0.80	5	6	2.634	0.000
Total	73	5.12	1.19	1	5	5	6	6	4.85	5.40	1.02	1.42	5	6	7.571	0.000

La dernière question, la question 53 i), concerne le fait que les tâches doivent être réalisées de façon simultanée, parallèle, lors de la conception. À cette affirmation, les répondants apparaissent favorables avec une moyenne de 4.62 et une médiane de 5. La fréquence des réponses se regroupe autour des valeurs de 4 à 6.

Tableau 3.51 - Statistiques concernant la question 53 i)

QUESTION NO 53I L'ingénierie simultanée permet d'effectuer le processus de développement en parallèle.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingeniere	16	4.50	1.06	1	4	5	5	6	4.14	4.86	0.86	1.38	4	5	2.389	0.000
Methodes	13	4.69	0.95	1	4	5	5	6	4.12	5.26	0.68	1.56	4	5	1.013	0.008
Total	66	4.62	1.03	1	4	5	5	6	4.37	4.88	0.88	1.25	4	5	3.697	0.000

En conclusion, de façon générale, les répondants ont obtenu des valeurs élevées pour chacune des questions. Ainsi, ils semblent favorables aux différents éléments concernant le processus de conception de l'ingénierie simultanée, donc, maîtrisent bien cette partie du concept.

3.7.3 LES ÉQUIPES MULTIDISCIPLINAIRES

Cette section englobe quatre questions permettant de faire le point sur les équipes multidisciplinaires. Ces questions se concentrent sur l'amélioration de la performance, l'identification des problèmes et la diminution des risques en équipe, de responsabiliser

les individus face au projet et de participer à la prise de décision. La première question, la question 53 d), se concentre sur la ségrégation des activités dans les services respectifs afin d'augmenter la performance individuelle. Ainsi, le pointage a été ajusté pour que plus le résultat se révèle haut, moins cette affirmation est véridique, c'est-à-dire qu'il faut regrouper les compétences afin d'augmenter la performance qui sera réalisée grâce à l'équipe. En obtenant un résultat de 4.75 dans un intervalle de confiance de 4.45 à 5.06 et une médiane à 5, les répondants sont favorables à la performance provenant d'une équipe. De plus, la fréquence des réponses se rassemble autour des valeurs de 4 à 6.

Tableau 3.52 - Statistiques concernant la question 53 d)

QUESTION NO 53D Il vaut mieux séparer les activités de conception et de fabrication dans les départements respectifs pour augmenter leur efficacité individuelle.										Intervalle de confiance à 95 %				Tests		
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingeniere	41	4.95	1.18	2	4	5	6	6	4.58	5.32	0.97	1.51	5	6	2.805	0.000
Methodes	13	5.00	0.82	3	5	5	5.5	6	4.51	5.49	0.59	1.35	5	5.32	1.346	0.001
Total	73	4.75	1.11	1	4	5	6	6	4.45	5.06	1.13	1.57	5	5	4.071	0.000

La deuxième question, la question 53 g), stipule que les problèmes et risques potentiels sont identifiés plus tôt grâce aux équipes multidisciplinaires. Les répondants se montrent favorables à cette affirmation puisque la moyenne se situe à 5.16 dans un intervalle de confiance de 4.97 à 5.35 et la médiane se situe exactement à 5. La fréquence des réponses se fixe dès le premier quart à 5 et s'étend jusqu'à 6.

Tableau 3.53 - Statistiques concernant la question 53 g)

QUESTION NO 53G Les problèmes et les risques potentiels sont identifiés le plus tôt possible grâce aux équipes multidisciplinaires.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md		A-Squar	P Value		
Ingenierie	40	5.13	0.85	2	5	5	6	6	4.85	5.40	0.70	1.10	5	5	3.716	0.000
Methodes	14	5.43	0.65	4	5	5.5	6	6	5.06	5.80	0.47	1.04	5	6	1.579	0.000
Total	73	5.16	0.82	2	5	5	6	6	4.97	5.35	0.70	0.98	5	5	6.090	0.000

La troisième question, la question 53 h), s'intéresse à la problématique des projets qui se dépersonnalisent et dont personne ne devient responsable. Ainsi, plus la valeur obtenue sera haute et moins cette affirmation s'avère véridique. C'est-à-dire qu'avec des équipes multidisciplinaires, les participants se sentent responsables de leur projet. D'ailleurs, la marque observée se présente assez élevée avec une moyenne de 4.85 enserrée dans un intervalle de confiance de 4.58 à 5.12. La médiane se situe toujours à 5.

Tableau 3.54 - Statistiques concernant la question 53 h)

QUESTION NO 53H Les projets sont dépersonnalisés et personne n'est responsable.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md		A-Squar	P Value		
Ingenierie	41	5.02	0.94	3	4	5	6	6	4.73	5.32	0.77	1.20	5	6	2.542	0.000
Methodes	14	5.00	0.96	2	5	5	5.25	6	4.45	5.55	0.70	1.55	5	5.05	2.454	0.000
Total	74	4.85	1.17	1	4	5	6	6	4.58	5.12	1.00	1.39	5	5	4.446	0.000

Finalement, la dernière question, la question 53 k), concerne la prise de décision. Ainsi, plus les valeurs obtenues sont élevées et plus les équipes multidisciplinaires s'impliquent dans le processus décisionnel. Effectivement, les répondants croient à

l'implication des équipes multidisciplinaires. Le résultat en ce qui concerne la moyenne affiche 4.90 dans un intervalle de confiance de 4.61 et 5.19 et la médiane se situe à 5 dans un intervalle de confiance entre 5 et 6.

Tableau 3.55 - Statistiques concernant la question 53 k)

QUESTION NO 53K Une équipe multidisciplinaire ne doit pas prendre de décisions, elle doit suivre les paliers hiérarchiques.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingenierie	40	5.00	1.22	1	4	5	6	6	4.61	5.39	1.00	1.57	5	6	2.917	0.000
Methodes	14	4.93	1.07	3	4	5	6	6	4.31	5.55	0.78	1.73	4	6	0.860	0.020
Total	72	4.90	1.24	1	4	5	6	6	4.61	5.19	1.06	1.48	5	6	4.662	0.000

En conclusion, les répondants semblent fortement positifs quant à l'apport des équipes multidisciplinaires. Malgré le fait que la majorité des questions ont été posées de façon à piéger les répondants, ceux-ci ont su correctement évaluer les différentes affirmations d'où une connaissance excellente des concepts entourant les équipes multidisciplinaires.

3.7.4 DÉLAIS, COÛTS ET QUALITÉ RELIÉS À L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Cette section focalise sur les bénéfices qu'engendre l'ingénierie simultanée. De cette façon, les trois questions suivantes vont évaluer spécifiquement la perception sur les délais, les coûts et la qualité. La première question, la question 53 b), s'interroge sur le premier bénéfice, la réduction des délais. La question affirme qu'en allouant plus de temps à la conception, l'ingénierie simultanée permet de gagner du temps sur la fabrication et le support à la clientèle. En observant le tablant suivant, les répondants se montrent favorables à cette affirmation avec une moyenne de 5 dans un intervalle de 4.70 et 5.30 et également une médiane de 5. D'ailleurs, la fréquence se concentre autour des valeurs 5 et 6.

Tableau 3.56 - Statistiques concernant la question 53 b)

QUESTION NO 53B En allouant plus de temps à la conception, l'ingénierie simultanée permet de sauver du temps sur la fabrication et le support à la clientèle.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingenierie	43	4.88	1.42	1	5	5	6	6	4.45	5.32	1.17	1.80	5	6	4.257	0.000
Methodes	14	5.21	1.25	2	5	6	6	6	4.49	5.94	0.91	2.01	5	6	1.896	0.000
Total	76	5.00	1.33	1	5	5	6	6	4.70	5.30	1.14	1.58	5	6	7.773	0.000

La deuxième question, la question 53 f), affirme que l'ingénierie simultanée permet un meilleur contrôle sur les délais et les coûts lors de la conception. Une

nouvelle fois, les répondants ont évalué correctement cette affirmation avec une moyenne de 4.69 dans un intervalle de 4.45 à 4.93 et une médiane exactement à 5.

Tableau 3.57 - Statistiques concernant la question 53 f)

QUESTION NO 53F L'ingénierie simultanée permet un meilleur contrôle sur les délais et les coûts lors du développement d'un produit.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q 1	Md	Q 3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingeniere	40	4.70	1.02	2	4	5	5	6	4.17	5.03	0.83	1.31	5	5	2.920	0.000
Methodes	14	4.57	0.94	2	4	5	5	6	4.03	5.11	0.68	1.51	4	5	1.437	0.001
Total	74	4.69	1.03	1	4	5	5	6	4.45	4.93	0.89	1.23	5	5	5.011	0.000

La dernière question, la question 53 j), s'intéresse à la qualité de la conception. La question était posée ainsi; l'ingénierie ne permet pas de diminuer le nombre d'itération au niveau de la conception. Cette affirmation est contraire au principe émergeant de l'ingénierie simultanée. Afin de refléter correctement le pointage, celui-ci a été ajusté en conséquence. Alors, plus la marque obtenue était élevée, meilleure apparaît la qualité de conception puisque le nombre de changements diminue avec l'ingénierie simultanée. À nouveau, cette affirmation a été correctement évaluée avec une moyenne de 4.43 dans un intervalle de confiance de 4.08 et 4.79 et une médiane de 5 dans un intervalle de confiance de 4 à 5.

Tableau 3.58 - Statistiques concernant la question 53 j)

QUESTION NO 53J L'ingénierie simultanée ne permet pas de diminuer le nombre de changements au design.									Intervalle de confiance à 95 %				Tests			
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md	A-Squar	P Value			
Ingeniere	39	4.21	1.52	1	3	5	5	6	3.71	4.70	1.25	1.97	3.94	5	1.864	0.000
Methodes	13	5.15	0.99	3	4.5	5	6	6	4.56	5.75	0.71	1.63	4.68	6	0.994	0.009
Total	69	4.43	1.47	1	3	5	6	6	4.68	4.79	1.26	1.77	4	5	3.372	0.000

En conclusion, les répondants ont évalué correctement les bénéfices que peut amener l'ingénierie simultanée. Par contre, un certain renforcement serait nécessaire en ce qui concerne la qualité, puisque cette question a obtenu la plus petite valeur qui s'approche beaucoup plus de 4 que de 5, valeur dont s'approchent le plus les autres questions.

De façon générale, les répondants connaissant l'ingénierie simultanée semblent maîtriser ce concept. À la figure suivante, nous présentons les résultats globaux des réponses en cumulant les informations recueillies dans chaque section permettant de bien cerner le concept d'ingénierie simultanée. Cette conclusion provient des résultats encourageants d'une moyenne globale de 4.72 enserrée dans un intervalle de confiance de 4.63 à 4.81. De plus, la médiane a obtenu une marque exactement de 5. Nous pouvons finalement remarquer que la fréquence des réponses se focalise depuis le premier quart sur les valeurs de 4 à 6.

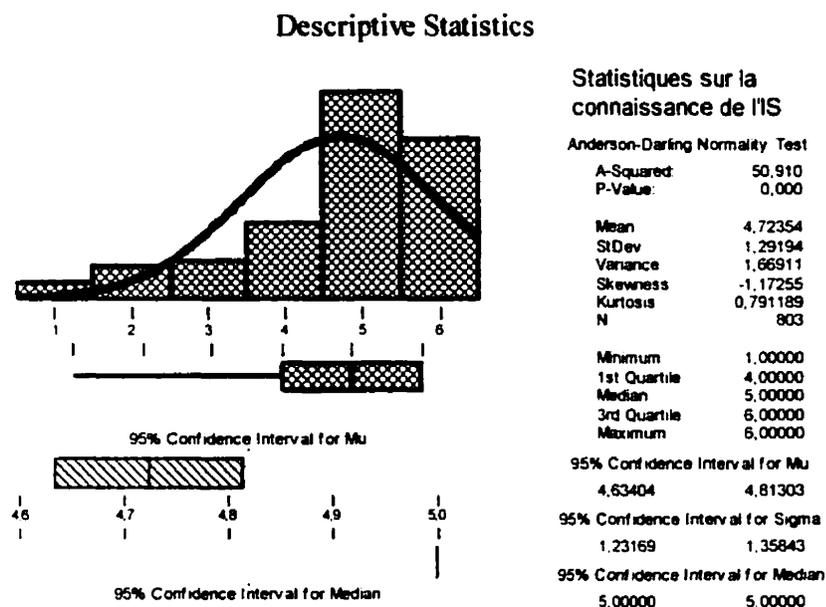


Figure 3.13 – Statistiques complètes sur la connaissance de l'ingénierie simultanée

3.7.5 PERCEPTION DES RÉPONDANTS

Cette section s'intéresse à l'opinion et aux jugements des répondants en ce qui concerne la perte de compétences spécifiques normalement acquises dans une fonction plus traditionnelle et la facilité d'implanter l'ingénierie simultanée à Canadair.

3.7.5.1 Perte de compétences d'un spécialiste

La question 53 l) demande aux répondants de se prononcer sur le fait qu'un spécialiste perd sa compétence propre s'il travaille sur un projet précis. C'est-à-dire que dans une fonction traditionnelle et en effectuant toujours les mêmes activités, un individu conserve ses habiletés et que s'il travaille dans un contexte d'ingénierie simultanée sur un projet déterminé, il risque de perdre cette compétence. Les répondants apparaissent mitigés face à cette question. La moyenne est de 3.55 dans un intervalle de confiance de 3.17 à 3.92. De cette façon, ils laissent transparaître une certaine crainte relativement à ce constat. Donc, il faudra évidemment rassurer les individus sur ce point avant d'implanter l'ingénierie simultanée.

Tableau 3.59 - Statistiques concernant la question 53 l)

QUESTION NO 53L En travaillant sur un projet spécifique, un spécialiste perd sa compétence propre.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md		A-Squar	P Value		
Ingenierie	43	4.02	1.55	1	3	4	5	6	3.55	4.50	1.28	1.97	3.68	5	1.399	0.001
Methodes	14	3.29	1.68	1	2	3	5	6	2.31	4.26	1.22	2.71	2	5	0.645	0.073
Total	77	3.55	1.64	1	2	4	5	6	3.17	3.92	1.42	1.95	3	4	2.299	0.000

3.7.5.2 Implantation de l'ingénierie simultanée à Canadair

La question 53 c) s'intéresse sur l'impression des répondants connaissant l'ingénierie simultanée sur la facilité d'implanter ce concept à Canadair. De nouveau, les répondants apparaissent mitigés face à cette question. Avec une moyenne de 3.48 dans un intervalle de confiance de 3.09 et 3.87 et une médiane de 4 dans un intervalle de confiance entre 3 et 4, les répondants expriment que l'implantation de l'ingénierie simultanée est réalisable mais affichent de sérieux doutes quant à la facilité de concrétiser ce concept. Ainsi, il faudra tenir judicieusement compte de ce constat avant d'implanter l'ingénierie simultanée.

Tableau 3.60 - Statistiques concernant la question 53 c)

QUESTION NO 53C L'ingénierie simultanée serait difficile à implanter à Canadair.									Intervalle de confiance à 95 %						Tests	
Services	N	μ	σ	Min	Q1	Md	Q3	Max	μ	σ	Md		A-Squar	P Value		
Ingeniere	19	2.97	1.61	1	2	3	4	6	2.45	3.50	1.32	2.08	2	4	1.433	0.001
Methodes	14	3.71	1.68	1	2	4	5	6	2.74	4.09	1.22	2.71	2	5	0.645	0.073
Total	73	3.48	1.68	1	2	4	5	6	3.09	3.87	1.44	2.00	3	4	2.352	0.000

3.7.6 LES OUTILS DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

La dernière partie permettant d'évaluer l'ingénierie simultanée à l'aide du questionnaire, est l'évaluation de la connaissance des différents outils permettant de supporter ce concept, de leur utilisation et de leur appréciation. Ainsi, tout au long des

sections suivantes, chaque outil qui a été développé au cours du chapitre 5, sera analysé individuellement.

3.7.6.1 Déploiement de la fonction qualité (QFD)

Le premier outil étudié est la QFD, le déploiement de la fonction qualité (*Quality Function Deployment*). En regardant le tableau qui suit, il est frappant de constater que très peu de répondants connaissent cet outil, seulement 3 %, et pratiquement personne ne l'utilise puisque nous ne retrouvons qu'un seul utilisateur. On remarque également que la majorité des individus connaissant cet outil, possèdent des études universitaires, ce qui limite fortement sa popularité.

Tableau 3.61 - Répartition des répondants concernant le déploiement de la fonction qualité

Quality Function Deployment

Services	Échantillon	Répartition		Répartition selon la scolarité	
		connaissance	utilisation	connaissance	utilisation
Achats	19	3 (16%)	0 (0%)	Baccalauréat Hautes études	2 1
Ingénierie	89	1 (1%)	0 (0%)	Baccalauréat	1
Méthodes	35	1 (3%)	0 (0%)	Baccalauréat	1
Planification	18	1 (6%)	1 (6%)	Baccalauréat	1 1
Production	99	1 (1%)	0 (0%)	Autres	1
Qualité	30	2 (7%)	0 (0%)	Baccalauréat Secondaire	1 1
TOTAL	305	9 (3%)	1 (0.3%)		

Par contre, en ce qui a trait à l'appréciation de ce concept, cette dernière s'avère très élevée (voir la figure suivante). La moyenne obtenue se situe à 5.2 dans un intervalle de confiance de 4.16 à 6.24. Toutefois, le test de P-Value démontre une marque de 0.273 qui est supérieure à la valeur 0.05. Cet indice indique que l'hypothèse nulle est rejetée, c'est-à-dire que l'appréciation de la QFD ne suit pas une courbe normale et ne peut être transposée à la population. Ceci s'explique simplement par le nombre trop petit de répondants pour cette question qui est établie à 5. Donc, très peu de gens connaissent et utilisent la QFD et on ne peut pas conclure sur son appréciation.

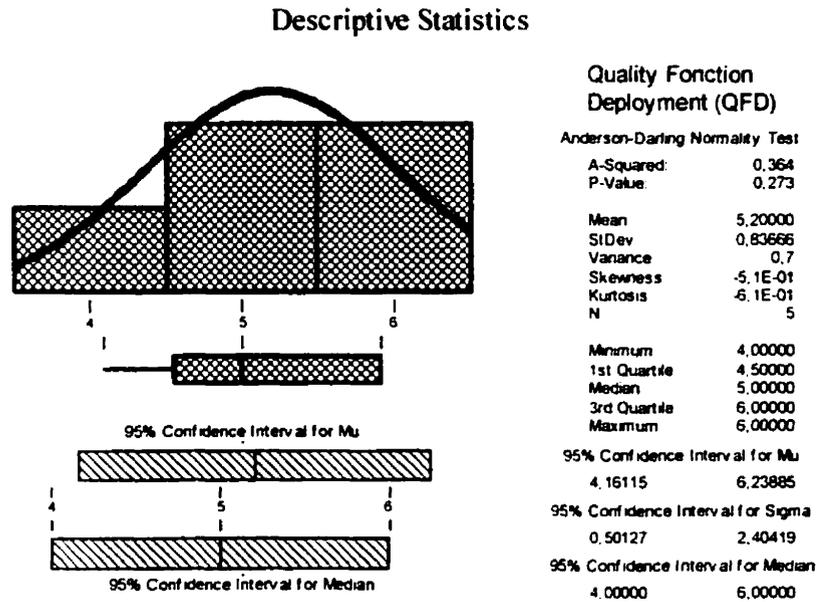


Figure 3.14 - Statistiques concernant l'appréciation de la QFD par les répondants

3.7.6.2 Intégration des besoins manufacturiers dans la conception (DFM)

Le prochain outil étudié est l'intégration des besoins manufacturiers dans la conception (*Design for Manufacturing - DFM*). Un premier point à considérer est que le DFM se définit comme étant une philosophie, une façon d'effectuer la conception. Puisque ce concept n'est pas clairement identifié chez Canadair, nous supposons que les individus utilisent quand même certains aspects de cet outil dans leur travail quotidien. Étant un outil de développement, le DFM se révèle relativement populaire selon les résultats présentés au tableau suivant. Ainsi, le nombre de répondants connaissant cet

outil est de 16 % et 9 % l'utilisent dans leur travail. Un fait à noter, est que ce sont principalement les services d'ingénierie et méthodes qui connaissent et utilisent cet outil.

Tableau 3.62 - Répartition des répondants concernant l'intégration des besoins manufacturiers dans la conception (DFM)

Design for Manufacturing

Services	Échantillon	Répartition		Répartition selon la scolarité		
		connaissance	utilisation		Répartition connaissance	Répartition utilisation
Achats	19	1 (5%)	0 (0%)	Hautes études	1	
Ingénierie	89	25 (28%)	14 (16%)	Baccalauréat	15	7
				Cegep	8	5
				Secondaire	1	1
				Autres	1	1
Méthodes	35	13 (37%)	8 (23%)	Baccalauréat	5	2
				Cegep	8	6
Planification	18	1 (6%)	1 (6%)	Baccalauréat	1	1
Production	99	6 (6%)	3 (3%)	Cegep	2	1
				Secondaire	1	1
				Autres	3	1
Qualité	30	4 (13%)	1 (3%)	Baccalauréat	2	1
				Cegep	1	0
				Secondaire	1	0
TOTAL	305	50 (16%)	27 (9%)			

De plus, en observant la figure qui suit, cet outil est apprécié par les répondants. La moyenne a obtenu une marque de 5.03 dans un intervalle de confiance de 4.73 à 5.33 et une médiane exactement à 5. D'ailleurs, la fréquence des réponses s'agglutine autour

des valeurs 5 et 6. Donc, nous sommes en présence d'un outil connu, en ne considérant que les services d'ingénierie et de méthodes, un peu utilisé, mais quand même apprécié.

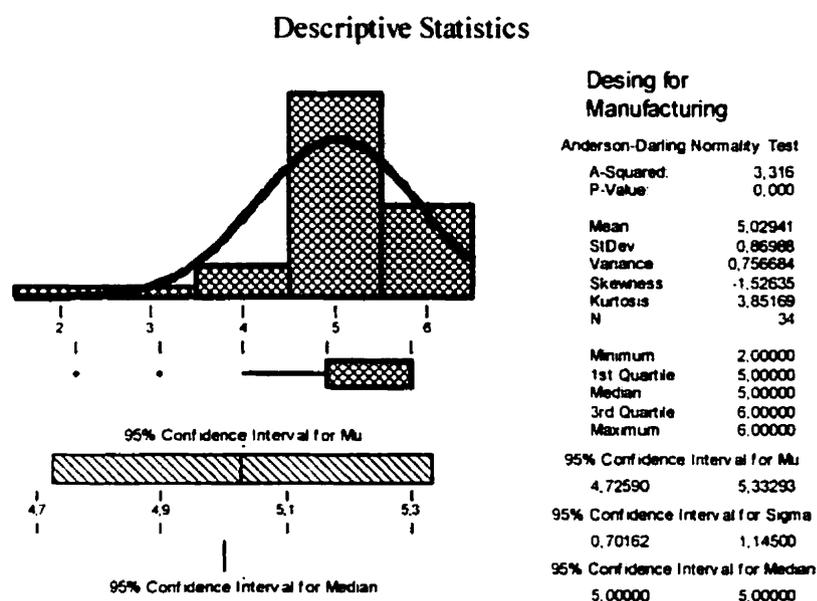


Figure 3.15 - Statistiques concernant l'appréciation du DFM par les répondants

3.7.6.3 Intégration des besoins d'assemblage dans la conception (DFA)

La remarque faite pour le DFM s'applique également pour cet outil. Cet outil est aussi une philosophie de conception. Donc, il est raisonnable de supposer que des individus appliquent certains principes de cet outil dans leur travail quotidien même si ce concept n'est pas non plus mis de l'avant par Canadair. Cet outil s'avère assez populaire

avec un résultat de 18 % et est surtout considéré auprès des services d'ingénierie et de méthodes. Par contre, c'est surtout le service de méthodes qui l'utilise avec un résultat de 26 %. Ces résultats sont présentés au tableau suivant.

Tableau 3.63 - Répartition des répondants concernant l'intégration des besoins d'assemblage dans la conception (DFA)

Design for Assemblies						
Services	Échantillon	Répartition		Répartition selon la scolarité		
		connaissance	utilisation		Répartition connaissance	Répartition utilisation
Ingénierie	89	19 (21%)	10 (11%)	Baccalauréat	13	6
				Cegep	5	3
				Secondaire	1	1
Méthodes	35	16 (46%)	9 (26%)	Baccalauréat	6	3
				Cegep	10	6
Planification	18	2 (11%)	1 (6%)	Baccalauréat	1	1
				Secondaire	1	0
Production	99	14 (14%)	7 (7%)	Cegep	4	2
				Secondaire	7	4
				Autres	3	1
Qualité	30	4 (13%)	1 (3%)	Baccalauréat	2	1
				Cegep	2	0
TOTAL	305	55 (18%)	28 (9%)			

En ce qui concerne l'appréciation de ce concept, les répondants apparaissent favorables. Les résultats pour la moyenne et la médiane indiquent exactement un résultat de 5. L'intervalle de confiance de la moyenne joue entre les valeurs de 4.66 à 5.34. De plus, nous pouvons remarquer que la fréquence des réponses se regroupe à

nouveau autour des valeurs 5 et 6. Donc, nous pouvons conclure que les répondants connaissent cet outil, l'utilisent un peu et l'apprécient dans leur quotidien.

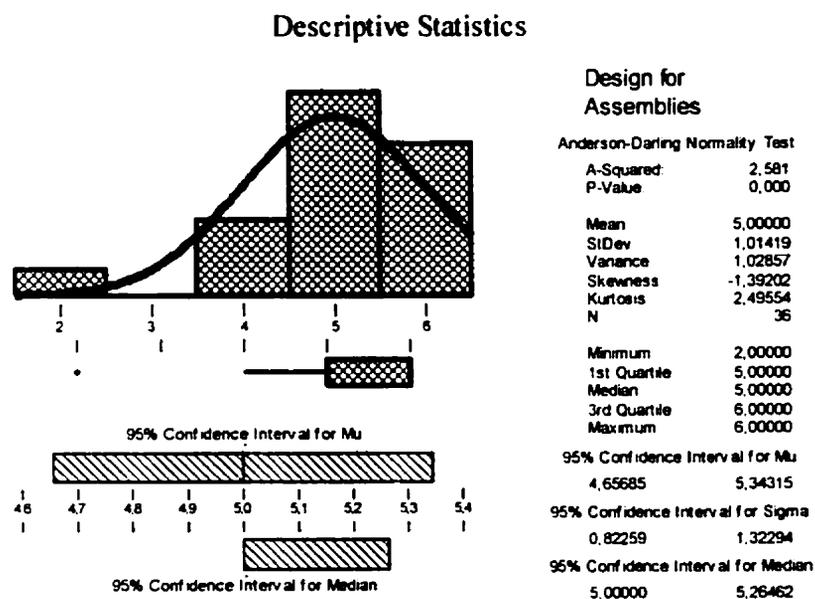


Figure 3.16 - Statistiques concernant l'appréciation du DFA par les répondants

3.7.6.4 Outils CAO/FAO (conception et fabrication assistées par ordinateur)

L'étude suivante vise les outils permettant la conception et la fabrication assistées par ordinateur, les CAO/FAO. En observant le tableau qui suit, cet outil s'avère très populaire auprès des répondants. Ainsi, 50 % des répondants connaissent cette technologie et 32 % l'utilisent couramment. Un point à noter est que lors de la

distribution du questionnaire, Canadair commençait l'implantation de l'application CATIA. Malgré la nouveauté de l'outil, celui-ci apparaît quand même populaire. Depuis le développement du Global Express, tous les nouveaux projets de développement comme le CRJ 700, sont effectués à l'aide de cette application autant à l'ingénierie qu'au niveau manufacturier. Un fait à remarquer est que ce sont principalement les répondants ayant des études postsecondaires qui connaissent cet outil.

Tableau 3.64 - Répartition des répondants concernant le CAO/FAO

CAO/FAO				Répartition selon la scolarité		
Services	Échantillon	Répartition connaissance	Répartition utilisation			
				Répartition connaissance	Répartition utilisation	
Achats	19	10 (53%)	0 (0%)	Hautes études	2	0
				Baccalauréat	5	0
				Cegep	3	0
Ingénierie	89	78 (88%)	66 (74%)	Hautes études	9	7
				Baccalauréat	49	40
				Cegep	16	16
				Secondaire	1	1
				Autres	2	2
Méthodes	35	25 (71%)	21 (60%)	Baccalauréat	7	5
				Cegep	17	15
				Autres	1	1
Planification	18	2 (11%)	1 (6%)	Baccalauréat	1	0
				Secondaire	1	1
Production	99	22 (22%)	5 (5%)	Cegep	12	1
				Secondaire	9	4
				Autres	1	0
Qualité	30	10 (33%)	4 (13%)	Baccalauréat	2	1
				Cegep	8	3
Services	13	5 (38%)	0 (0%)	Baccalauréat	2	0
				Cegep	3	0
TOTAL	305	152 (50%)	97 (32%)			

En plus d'être populaire, il s'avère apprécié par les répondants. La moyenne a obtenu une marque de 5.23 entourée d'un intervalle de confiance de 5.08 à 5.37 et la médiane se situe exactement à 5. La fréquence des réponses se situe également autour

des valeurs 5 et 6. Donc, nous sommes en présence d'un outil populaire, utilisé et apprécié.

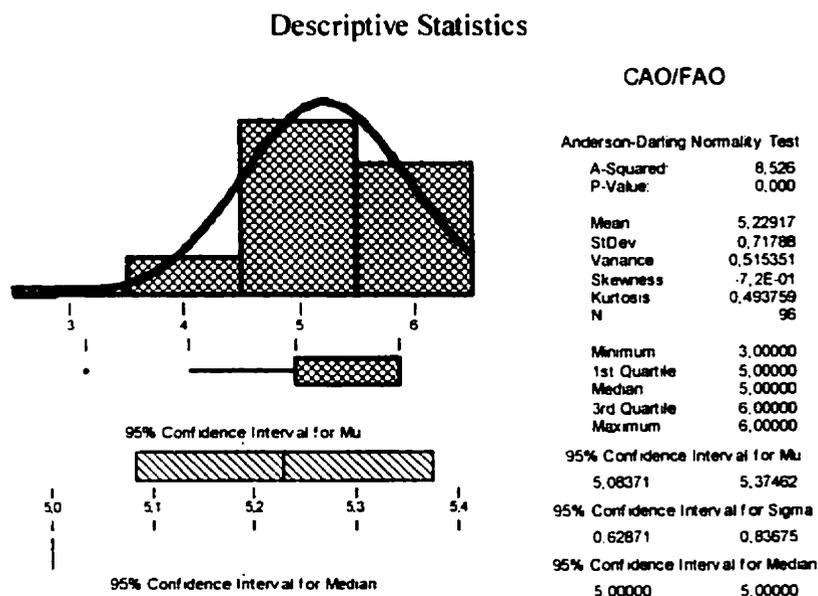


Figure 3.17 - Statistiques concernant l'appréciation du CAO/FAO par les répondants

3.7.6.5 Les outils de communication informatique

Le prochain outil à être analysé est celui qui touche les communications informatiques telles que le courriel, les vidéoconférences, etc. En examinant le tableau suivant, nous relevons que nous sommes en présence du type d'outil le plus populaire et

le plus utilisé. Ainsi, 56 % des gens le connaissent et 33 % l'utilisent dans leur travail. D'autre part, en comparant avec les autres outils, nous notons qu'il y a plus de répondants n'ayant pas d'études postsecondaires qui le connaissent et l'utilisent. Mais, ce sont toujours les répondants ayant ces études postsecondaires qui prédominent.

Tableau 3.65 - Répartition des répondants concernant les logiciels de communication

Logiciels de communication

Services	Échantillon	Répartition		Répartition selon la scolarité		
		connaissance	utilisation		Répartition connaissance	Répartition utilisation
Achats	19	16 (84%)	10 (53%)	Hautes études	2	1
				Baccalauréat	9	5
				Cegep	5	4
Ingénierie	89	76 (85%)	56 (63%)	Hautes études	9	5
				Baccalauréat	49	37
				Cegep	15	12
				Secondaire	1	0
				Autres	2	2
Méthodes	35	20 (57%)	12 (34%)	Baccalauréat	5	2
				Cegep	13	8
				Secondaire	1	1
				Autres	1	1
Planification	18	7 (39%)	6 (33%)	Hautes études	1	1
				Baccalauréat	2	1
				Secondaire	4	4
Production	99	29 (29%)	2 (2%)	Cegep	13	0
				Secondaire	12	1
				Autres	4	1
Qualité	30	9 (30%)	5 (17%)	Baccalauréat	2	0
				Cegep	5	4
				Secondaire	2	1
Services	13	12 (92%)	9 (69%)	Baccalauréat	5	3
				Cegep	7	6
N'a pas répondu	2	1 (50%)	0 (0%)	Autres	1	0
TOTAL	305	170 (56%)	100 (33%)			

Du reste, en examinant la figure suivante, cet outil apparaît apprécié par les répondants. Les résultats concernant la moyenne se situent à 4.95 dans un intervalle de

4.75 à 5.15 et ceux de la médiane se fixent exactement à 5. Donc, à nouveau, nous sommes en présence d'un outil populaire, utilisé et apprécié chez Bombardier.

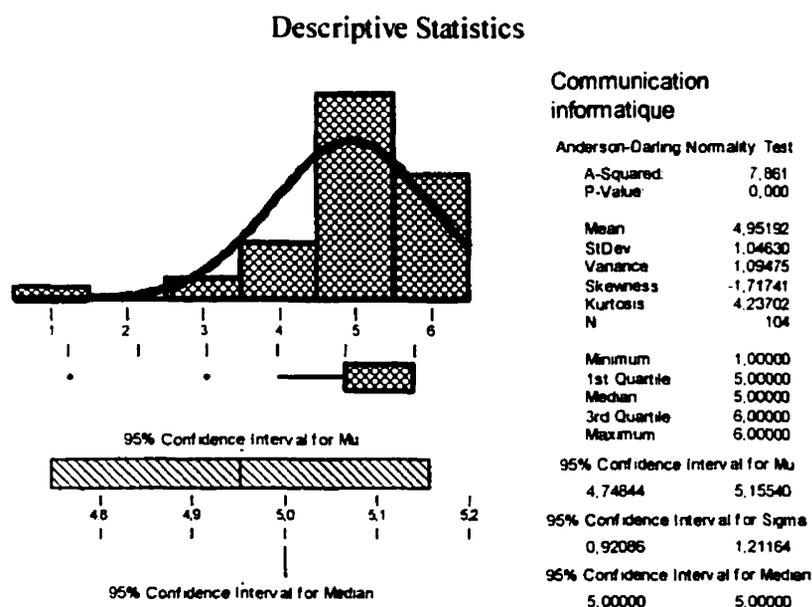


Figure 3.18 - Statistiques concernant l'appréciation de la communication informatique par les répondants

3.7.6.6 Les tableaux décisionnels

La présente partie s'intéresse aux tableaux décisionnels tels que le tableau de sélection de Pugh. Malgré l'utilité et la simplicité de cet outil pour identifier les concepts émergents, celui-ci n'apparaît pas très populaire. Seulement 9 % des répondants le connaissent et 3 % l'utilisent dans leur travail. Il faut également

remarquer que ce sont les individus ayant des études postsecondaires qui connaissent le plus cet outil, ce qui limite sa popularité.

Tableau 3.66 - Répartition des répondants concernant les tableaux décisionnels

Tableaux décisionnels				Répartition selon la scolarité		
Services	Échantillon	Répartition connaissance	Répartition utilisation		Répartition connaissance	Répartition utilisation
Achats	19	4 (21%)	1 (5%)	Hautes études	2	0
				Baccalauréat	1	0
				Cegep	1	1
Ingénierie	89	7 (8%)	2 (2%)	Baccalauréat	6	2
				Cegep	1	0
Méthodes	35	5 (14%)	2 (6%)	Baccalauréat	5	2
Planification	18	3 (17%)	1 (6%)	Hautes études	1	1
				Baccalauréat	1	0
				Secondaire	1	0
Production	99	4 (4%)	0 (0%)	Cegep	4	0
Qualité	30	2 (7%)	1 (3%)	Baccalauréat	1	0
				Cegep	1	1
Services	13	2 (15%)	2 (15%)	Baccalauréat	2	2
TOTAL	305	27 (9%)	9 (3%)			

Malgré le fait qu'il ne se montre pas populaire, il semble assez apprécié par les répondants. Ainsi, ce dernier a obtenu une moyenne de 4.5 dans un intervalle de confiance de 3.88 à 5.12 et une médiane de 5 entourée d'un intervalle de confiance de 4 à 5. Toutefois, ces résultats ne peuvent être représentatifs pour l'ensemble de la

population puisque le test de P-Value a obtenu une marque de 0.076 qui est supérieure à 0.05. Ainsi, l'hypothèse nulle doit être rejetée, c'est-à-dire que les réponses fournies par les répondants ne correspondent pas à une courbe normale. Tous ces résultats sont présentés à la figure suivante.

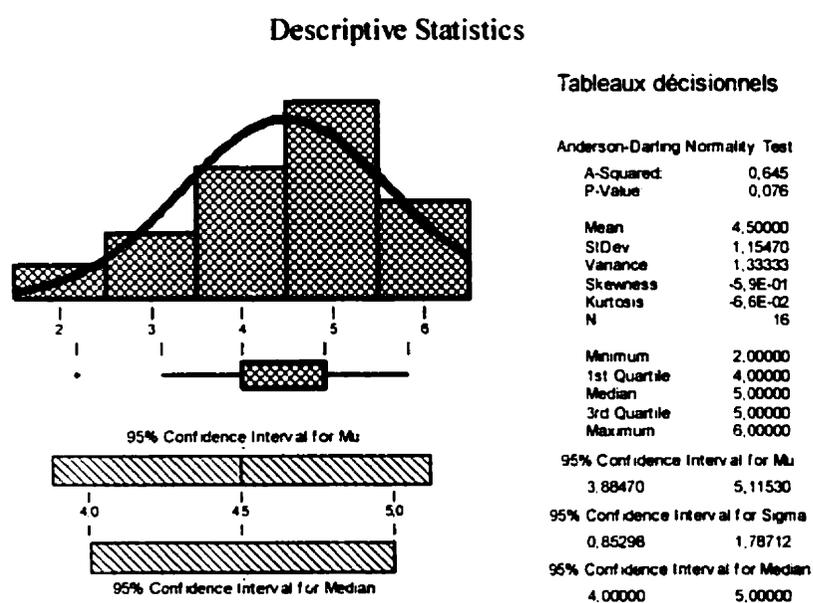


Figure 3.19 - Statistiques concernant l'appréciation des tableaux décisionnels par les répondants

3.7.6.7 Système de gestion d'information manufacturière (CIM)

La prochaine étude s'attarde sur les systèmes de gestion d'information manufacturière (*Computer Integrated Manufacturing - CIM*) où sont regroupés des logiciels de simulation, d'analyse, etc. Ce type d'outil ne semble pas vraiment considéré auprès des répondants. Ainsi, seulement 11 % des répondants connaissent ces outils et 2 % les utilisent. De plus, la majeure partie des individus connaissant ces outils possède des études postsecondaires. D'ailleurs, il faut remarquer que tous les services semblent connaître ces outils sauf les services où on retrouve le moins d'individus ayant terminé des études postsecondaires comme production et qualité.

Tableau 3.67 - Répartition des répondants concernant les systèmes de gestion d'information manufacturière (CIM)

CIM (Computer Integrated Manufacturing)				Répartition selon la scolarité		
Services	Échantillon	Répartition			Répartition	
		connaissance	utilisation		connaissance	utilisation
Achats	19	5 (26%)	0 (0%)	Hautes études	2	0
				Baccalauréat	3	0
Ingénierie	89	16 (18%)	3 (3%)	Hautes études	1	0
				Baccalauréat	13	2
				Cegep	2	1
Méthodes	35	5 (14%)	0 (0%)	Baccalauréat	3	0
				Cegep	2	0
Planification	18	3 (17%)	3 (17%)	Baccalauréat	1	1
				Secondaire	2	2
Production	99	3 (3%)	0 (0%)	Cegep	1	0
				Secondaire	2	0
Qualité	30	1 (3%)	0 (0%)	Baccalauréat	1	0
Services	13	2 (15%)	1 (8%)	Baccalauréat	1	0
				Cegep	1	1
TOTAL	305	35 (11%)	7 (2%)			

Pour ce qui est de l'appréciation de ces outils, les répondants semblent assez favorables. La moyenne obtenue se situe à 4.33 dans un intervalle de confiance de 3.67 à 5 et la médiane à 4 dans un intervalle de 4 à 5. La fréquence des réponses se concentre autour des valeurs 4 et 5. Malgré une popularité assez faible, l'appréciation un peu favorable des répondants est représentative en ce qui concerne la population puisque le test P-Value démontre une marque de 0.039. Donc, nous sommes en présence d'outils relativement peu connus, assez appréciés, mais pas vraiment utilisés.

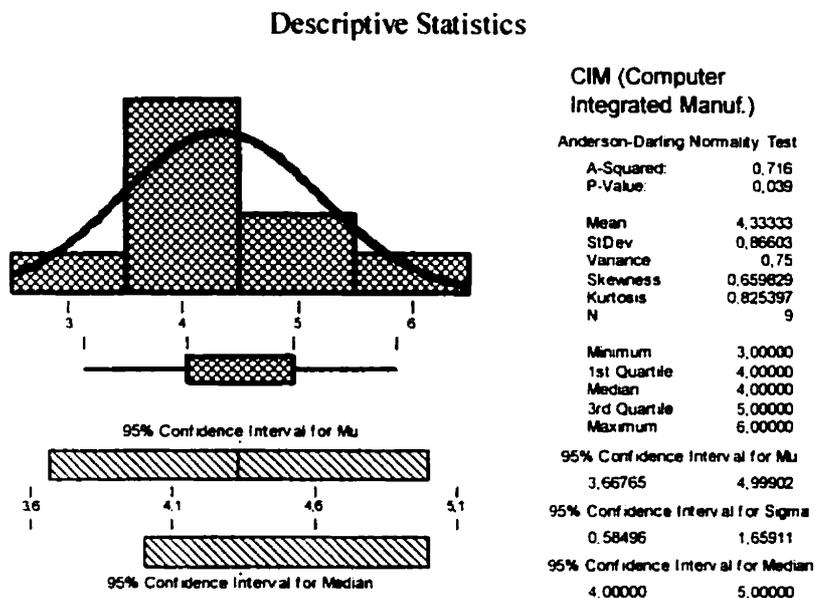


Figure 3.20 - Statistiques concernant l'appréciation du CIM par les répondants

3.7.6.8 Les outils informatiques de gestion

Le prochain type d'outil sur lequel les répondants ont été appelés à se pencher, concerne les outils informatiques de gestion tels que les logiciels de gestion de projets. Ces outils apparaissent relativement populaires puisque 16 % des répondants les connaissent. Mais, seulement 8 % les utilisent dans leur travail quotidien. Ce fait semble être expliquer du fait que les services de production et de qualité ne connaissent pas ces outils, respectivement 5 % et 3 % des répondants.

Tableau 3.68 - Répartition des répondants concernant les outils informatiques de gestion

Outils informatiques de gestion				Répartition selon la scolarité		
Services	Échantillon	Répartition			Répartition	
		connaissance	utilisation		connaissance	utilisation
Achats	19	4 (21%)	1 (5%)	Hautes études	1	0
				Baccalauréat	2	1
				Cegep	1	0
Ingénierie	89	17 (19%)	6 (7%)	Hautes études	2	0
				Baccalauréat	12	4
				Cegep	2	2
				Autres	1	0
Méthodes	35	13 (37%)	10 (29%)	Baccalauréat	6	6
				Cegep	6	3
				Autres	1	1
Planification	18	5 (28%)	1 (6%)	Hautes études	1	0
				Baccalauréat	1	0
				Cegep	1	0
				Secondaire	2	1
Production	99	5 (5%)	3 (3%)	Cegep	2	1
				Secondaire	2	1
				Autres	1	1
Qualité	30	1 (3%)	0 (0%)	Cegep	1	0
Services	13	3 (23%)	2 (15%)	Baccalauréat	3	3
				Cegep	2	2
TOTAL	305	48 (16%)	23 (8%)			

De plus, ces outils apparaissent comme étant appréciés des répondants. La moyenne est de 4.61 dans un intervalle de confiance de 4.23 à 5 et la médiane se situe à 5 dans un intervalle de 4 à 5. Ces résultats sont présentés à la figure suivante. Donc, nous nous retrouvons devant un type d'outil relativement populaire où les répondants semblent peu impliqués, mais qui est quand même apprécié.

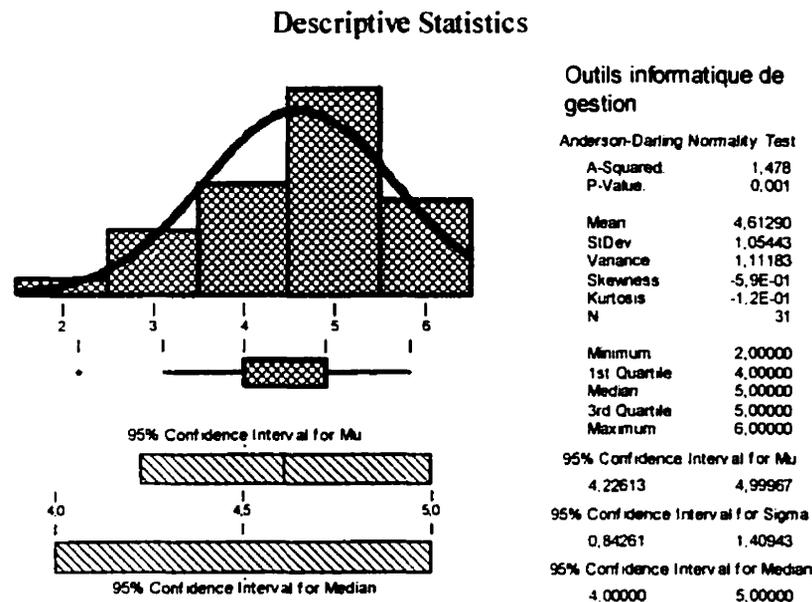


Figure 3.21 - Statistiques concernant l'appréciation des outils informatiques de gestion par les répondants

3.7.6.9 L'analyse de défaillance

Cette section s'interroge sur la connaissance des analyses de défaillance (Failure Analysis). Tout d'abord, les répondants ne semblent pas vraiment connaître ce type d'outil puisque seulement 22 individus (7 %) ont répondu. De plus, peu de gens utilisent ce type d'analyse, seulement 2 % des répondants, sauf dans le cas du service à la clientèle où 23 % des gens utilisent ces méthodes. D'ailleurs, il faut remarquer que seulement les gens ayant des études postsecondaires le connaissent.

Tableau 3.69 - Répartition des répondants concernant les analyses de défaillance

Failure Analysis				Répartition selon la scolarité		
Services	Échantillon	Répartition connaissance	Répartition utilisation			
				Répartition connaissance	Répartition utilisation	
Achats	19	4 (21%)	1 (5%)	Hautes études	2	0
				Baccalauréat	1	0
				Cegep	1	1
Ingénierie	89	7 (8%)	1 (1%)	Baccalauréat	6	1
				Cegep	1	0
Méthodes	35	2 (6%)	1 (3%)	Baccalauréat	1	1
				Cegep	1	0
Planification	18	1 (6%)	0 (0%)	Baccalauréat	1	0
Production	99	2 (2%)	0 (0%)	Cegep	2	0
Qualité	30	2 (7%)	1 (3%)	Baccalauréat	1	1
				Cegep	1	0
Services	13	4 (31%)	3 (23%)	Baccalauréat	2	2
				Cegep	2	1
TOTAL	305	22 (7%)	7 (2%)			

Au niveau de l'appréciation de ce type d'outil, il faut remarquer immédiatement que les statistiques obtenues ne sont pas représentatives puisque le test P-Value a une valeur de 0.134 qui est supérieure à 0.050. Toutefois, les répondants semblent l'apprécier puisque la moyenne a une marque de 4.63 dans un intervalle de confiance de 3.86 à 5.39 et une médiane de 5 dans un intervalle de 3.94 à 5.06. Donc, nous sommes en présence d'un type d'outil peu connu, peu utilisé et dont on ne peut tirer aucune conclusion sur son appréciation.

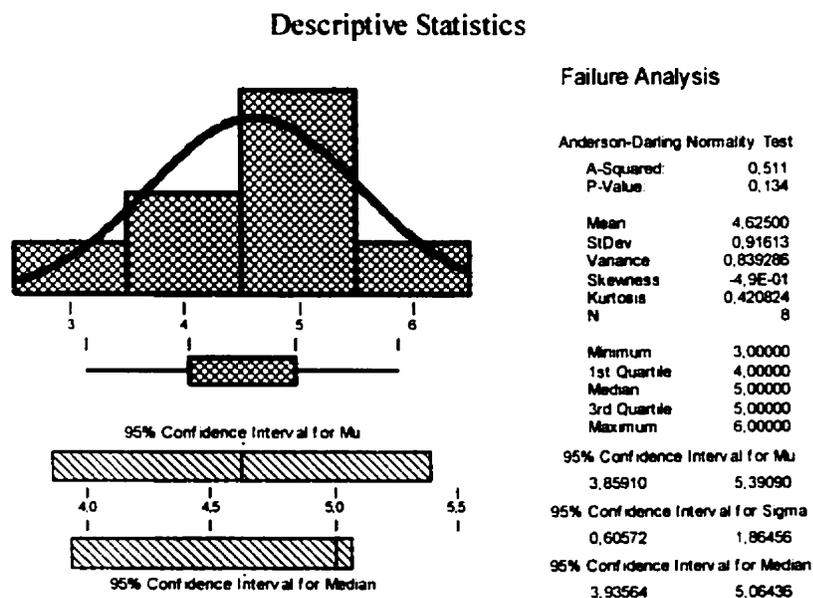


Figure 3.22 - Statistiques concernant l'appréciation des analyses de défaillance par les répondants

3.7.6.10 L'analyse de la valeur

Le dernier outil à être analysé se porte sur l'analyse de la valeur. Une fois de plus, nous sommes en présence d'un outil peu connu et peu utilisé. Ainsi, seulement 6 % des répondants connaissent cet outil et 2 % l'utilisent dans leur travail. Ces résultats proviennent du tableau qui suit. Un fait à noter est que cet outil n'est connu majoritairement que par des universitaires ce qui peut limiter sa popularité.

Tableau 3.70 - Répartition des répondants concernant l'analyse de la valeur

Analyse de la valeur				Répartition selon la scolarité		
Services	Echantillon	Répartition connaissance	Répartition utilisation		Répartition connaissance	Répartition utilisation
Achats	19	3 (16%)	1 (5%)	Baccalauréat	1	0
				Cegep	2	1
Ingénierie	89	7 (8%)	2 (2%)	Hautes études	1	0
				Baccalauréat	6	2
Méthodes	35	3 (9%)	0 (0%)	Baccalauréat	2	0
				Cegep	1	0
Planification	18	3 (17%)	1 (6%)	Hautes études	1	1
				Baccalauréat	2	0
Production	99	1 (1%)	0 (0%)	Cegep	1	0
Qualité	30	1 (3%)	0 (0%)	Baccalauréat	1	0
Services	13	1 (8%)	1 (8%)	Baccalauréat	1	1
TOTAL	305	19 (6%)	5 (2%)			

Par contre, en examinant la figure suivante, cet outil est apprécié par les répondants puisque la moyenne possède une marque de 4.8 dans un intervalle de confiance se situant entre 4.35 et 5.25 et la médiane se situe à 5 dans un intervalle de confiance de 4 à 5. La fréquence des réponses se regroupe autour des valeurs 4 et 5. De plus, malgré sa faible popularité, son appréciation est transposable à la population puisque le test P-Value affiche un résultat de 0.004 ce qui est très inférieur à 0.050.

Donc, nous sommes en présence d'un outil peu connu, peu utilisé mais apprécié par les répondants.

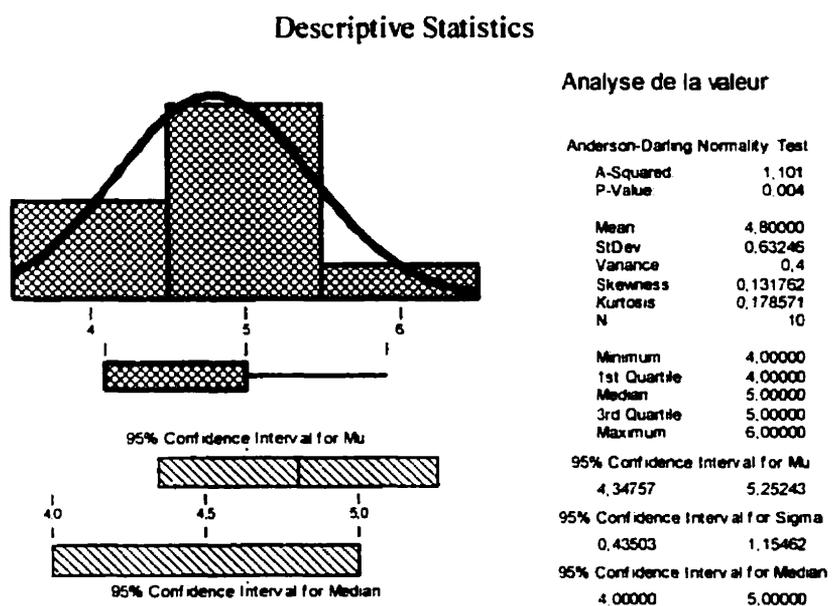


Figure 3.23 - Statistiques concernant l'appréciation de l'analyse de la valeur par les répondants

3.7.6.11 Les autres outils identifiés par les répondants

En examinant attentivement les questions 54 à 56 du questionnaire, nous pouvons noter un espace permettant aux répondants d'identifier d'autres outils relatifs à la conception et de les évaluer. Par contre, les résultats de ces réponses ne peuvent être présentés dans la présente analyse puisque le nombre des observations est trop réduit. De plus, les réponses se révèlent malheureusement non pertinentes dans le cadre de cette étude car elles concernent des outils généraux.

Par exemple, du service de production, nous retrouvons 5 répondants qui ont identifié des outils physiques, tels qu'une perceuse, des manuels de travail, etc. Ensuite, 8 répondants provenant de tous les services ont identifié le système MRP de Canadair qui est MacPac. Nous retrouvons également 6 répondants qui ont identifié des outils informatiques généraux tels que les serveurs utilisant Unix, les ordinateurs personnels utilisant Windows et les logiciels provenant de Microsoft. Seulement deux répondants provenant du service d'ingénierie ont peut-être proposé chacun un outil méritant une investigation future; FEM (NASTRAM) et Mvision. Mais, vu le nombre peu élevé de répondants s'interrogeant sur ces outils, ceux-ci ont été mis de côté pour la présente étude.

Donc, afin de conclure le sous-chapitre concernant les outils de l'ingénierie simultanée, il est évident de constater qu'une formation importante auprès des employés

sera nécessaire lors de l'implantation de l'ingénierie simultanée. Cette observation s'extrapole particulièrement auprès des travailleurs n'ayant pas d'études postsecondaires. De plus, les outils de support à la conception tels que QFD, tableaux décisionnels, CIM, analyses de défaillance et l'analyse de valeur, devront être intégrés dans le quotidien des travailleurs. Car, nous constatons que les outils les plus utilisés deviennent plus connus et sont généralement appréciés, par exemple les outils CAO/FAO, le courriel, etc.

3.8 COMMENTAIRES ET APPRÉCIATIONS DU QUESTIONNAIRE

La dernière partie du questionnaire s'intéresse au caractère plus subjectif du questionnaire. L'analyse qui va suivre va se séparer en deux parties, c'est-à-dire que nous retrouverons tout d'abord une présentation exposant sommairement les différents commentaires provenant des répondants et, ensuite, leur appréciation du questionnaire.

3.8.1 SOMMAIRE DES COMMENTAIRES DES RÉPONDANTS

L'intérêt pour le sondeur de se pencher sur les commentaires est d'identifier, premièrement, l'intérêt général des répondants en regard au questionnaire et de discerner certaines craintes qu'ils pouvaient avoir en le complétant. Ensuite, il faut regrouper les points majeurs que les répondants ont reconnus et qui méritaient un éclaircissement à la fin du questionnaire. Finalement, nous retrouvons les commentaires des répondants concernant spécifiquement l'ingénierie simultanée.

3.8.1.1 Commentaires d'intérêt général

La première catégorie de commentaires concerne les notes générales et l'identification de certaines craintes des répondants en remplissant le questionnaire.

Tout d'abord, on retrouve des réflexions générales concernant le sondeur, c'est-à-dire des félicitations et des encouragements, principalement en ce qui a trait à cette étude. Il est à noter que dans la feuille d'introduction au questionnaire, il était clairement identifié que le questionnaire fait partie d'un mémoire de recherche pour compléter une maîtrise. Par contre, un des répondants a remarqué qu'il aurait aimé une note explicative beaucoup plus longue au début du questionnaire afin de mieux comprendre son but et sa portée.

Un autre point qui a été régulièrement soulevé est le besoin d'information supplémentaire. Un premier exemple provient des questions 52 à 56 qui définissaient les concepts reliés à l'ingénierie simultanée et soulignaient ses différents outils. Ainsi, on dénote un intérêt des répondants qui ne connaissaient pas les différents concepts énumérés mais aimeraient quand même les approfondir. Un autre exemple est l'intérêt des répondants pour les conclusions qui résulteront du questionnaire.

Ensuite, un commentaire qui revenait assez souvent, se résume comme étant la principale crainte pour les répondants; l'appréhension de mal répondre aux questions. Par exemple, on retrouve des répondants qui se demandaient s'ils devaient répondre au fait que le système est bon ou si le répondant devait être d'accord avec ce système. D'ailleurs, après réflexion, il aurait été bon de spécifier au début du questionnaire que les répondants devaient évaluer leur situation présente à Canadair, ce qui aurait peut-être mieux dirigé certains répondants. Une autre remarque qui est revenue quelques fois,

concerne le fait que certains répondants auraient préféré répondre par « oui » ou par « non » à la majorité des questions. La raison pourquoi certains répondants ont présenté ce commentaire, est qu'ils trouvaient contraignant le fait de prendre position entre un peu, en accord ou fortement d'accord. Par contre, afin de bien mesurer la prise de position des répondants en regard aux différents énoncés, cette contrainte s'avérait nécessaire.

Finalement, une remarque concise a été inscrite spécifiant que les questionnaires ne changent rien. Ainsi, cet individu identifie qu'il a perdu son temps à remplir le questionnaire. Ce commentaire apparaît comme étant une remarque personnelle et nous ne retrouvons pas assez d'explications pour approfondir ce commentaire.

3.8.1.2 Points majeurs à considérer

Cette deuxième section traite des points majeurs à considérer identifiés par les répondants. Ainsi, les répondants amènent certaines précisions au niveau de leurs réponses et relatent les principaux points que le sondeur devrait considérer dans son étude et qui s'avèrent les plus importants pour eux. Ces différentes remarques sont regroupées en catégories permettant de mieux présenter les différentes affirmations.

Formation

- Formation inadéquate ou tout simplement inexistante lorsqu'un nouvel employé entre en fonction.
- Les services devraient mettre en place un système de cours préparatoires (*coaching*) permettant aux nouveaux employés de bénéficier de l'expérience d'un employé plus expérimenté.

Supervision :

- La supervision ne permet pas l'initiative car elle impose plutôt ses idées.
- La critique des systèmes par les employés est mal perçue par la direction.
- Les employés dénotent un manque d'écoute provenant de la supervision.
- Certains employés identifient un fossé entre les employés et la supervision ce qui diminue la communication
- Les employés du service de production, en raison de leur faible scolarisation et de leur manque de responsabilités, sont perçus par la direction comme n'ayant pas d'innovation à apporter.
- Les employés de production et de qualité se sentent pris au piège entre le syndicat et la supervision.
- Les plaintes concernant l'environnement physique des employés ne sont jamais prises au sérieux.

Évaluation et rémunération :

- Les employés ont l'impression que les augmentations salariales ne sont pas attribuées au mérite et demandent un système de récompense équitable.
- D'autres répondants identifient que le problème d'insatisfaction ne provient pas du système de récompense, mais simplement d'un manque d'appréciation.
- L'évaluation du rendement des employés est rarement réalisée.

Définition de tâche et processus :

- Il existe un problème d'établissement des priorités et de la somme de travail ne permettant pas de définir les tâches adéquatement.
- Besoin d'un meilleur véhicule permettant de connaître les définitions de tâches des employés
- La lourdeur administrative et bureaucratique de Bombardier, qui s'avèrent un point revenant quelques fois auprès des répondants, limitent souvent la résolution de problème.
- Certains répondants demandent une rétroaction concernant la maîtrise des différents systèmes et philosophies par les employés afin d'augmenter leur compréhension.

Gestion de l'information :

- On retrouve de l'information non concordante entre différents services ce qui complique la communication
- Certains répondants suggèrent des bases de données communes permettant une meilleure interaction.

3.8.1.3 Commentaires concernant l'ingénierie simultanée

Cette dernière section touche les commentaires énoncés par les répondants au sujet de l'ingénierie simultanée. Ces commentaires sont réunis en deux groupes distincts, le premier se définit comme les individus désirant voir ce concept s'implanter à Bombardier et le deuxième exprime la crainte des répondants quant à la difficulté d'implanter ce concept.

Ainsi, le premier groupe désire fortement voir s'implanter l'ingénierie simultanée à Bombardier. Pour ce faire, ces derniers expriment les nombreux avantages que pourrait en retirer Bombardier et se résument ainsi :

- Se concentrer sur la satisfaction des besoins des clients.
- Atteindre les objectifs budgétaires en diminuant les coûts de production et de services à long terme.
- Échange d'idées et expériences à partager entre employés amenés par le travail d'équipe
- Demeurer concurrentiel.
- Trop d'énergie gaspillée entre les services et manque de synergie dans une approche traditionnelle.

Toutefois, un ensemble de remarques expriment la difficulté d'une implantation de l'ingénierie simultanée à Bombardier. Premièrement, l'environnement de travail ne faciliterait pas la tâche puisque qu'on peut remarquer des éléments prononcés d'« esprit de clocher » et de « c'est mon territoire (*It is my territory*) ». Deuxièmement, le fossé entre la direction et les employés ne permettrait pas l'implantation de l'ingénierie simultanée puisque certains répondants stipulent que la direction rejeterait plutôt un tel concept. Finalement, quelques répondants craignent que les employés ne seront pas directement impliqués dans une implantation de l'ingénierie simultanée ce qui limiterait son succès.

3.8.2 APPRÉCIATION DU QUESTIONNAIRE

Finalement, cette section tente de cerner l'état des répondants une fois le questionnaire complété. Il ne faut pas oublier que ceux-ci ont passé une vingtaine de minutes à remplir ce questionnaire. Ainsi, le travail du chercheur est de rendre la tâche la plus agréable possible aux répondants pour que ceux-ci le remplissent fidèlement. Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Tableau 3.71 – Données concernant l'appréciation du questionnaire par les répondants

Appréciation du questionnaire par les répondants

Services

	Échantillon	N'ont pas répondu	Ont apprécié	N'ont pas apprécié
Achats	19	6 (31.6%)	13 (68.4%)	0 (0%)
Ingénierie	89	31 (34.8%)	51 (57.3%)	7 (7.9%)
Méthodes	35	13 (37.1%)	20 (57.1%)	2 (5.7%)
Planification	18	6 (33.3%)	12 (66.7%)	0 (0%)
Production	99	28 (28.3%)	63 (63.6%)	8 (8.1%)
Qualité	30	5 (16.7%)	21 (70.0%)	4 (13.3%)
Services	13	8 (61.5%)	4 (30.8%)	1 (7.7%)
N'a pas répondu	2	0 (0%)	2 (100%)	0 (0%)
TOTAL	305	97 (31.8%)	186 (61.0%)	22 (7.2%)

Les résultats obtenus identifient que les répondants ont généralement apprécié le questionnaire. Ainsi, on retrouve 61 % des répondants qui ont apprécié le questionnaire, seulement 7.2 % qui ne l'ont pas apprécié et un taux de non-réponse à cette question de 31.8 %. Ces résultats sont encourageants pour le sondeur puisqu'il n'y a pas l'existence d'une tendance négative envers le questionnaire qui aurait pu biaiser les résultats.

CHAPITRE 4 - ÉTUDE D'UN PROJET DE CONCEPTION CHEZ BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE

Après avoir analysé la culture organisationnelle de Bombardier Aéronautique, la prochaine étape se résume à l'étude du processus de développement. Pour ce faire, le présent chapitre s'intéresse à une conception d'un tout nouveau produit, un avion commercial régional nommé CRJ 700. Cette étude s'effectue à partir des données recueillies depuis deux années intensives de travail au coeur même du projet. Depuis juillet 1997, l'auteur est chargé de projets et de programme sur le CRJ 700 dans le secteur manufacturier. Ses fonctions se résument à planifier les différentes activités permettant la réalisation de la première unité, c'est-à-dire de l'approbation des dessins jusqu'à l'installation des composantes, d'effectuer le suivi de l'avancement de ces activités, de participer à l'élaboration de plans de rattrapage, d'assister la gestion des changements de conception et de créer un système permettant de gérer toute cette information. De plus, les éléments définis au cours de ce chapitre ont été validés par l'entreprise.

4.1 CARACTÉRISTIQUES DU NOUVEL AVION CRJ 700

Le 17 janvier 1997, Bombardier Aéronautique a décidé de développer un nouvel avion régional de 70 passagers, le *Canadair Regional Jet* de série 700 (CRJ 700). Ce nouvel appareil vient augmenter la gamme de produit de Bombardier puisque cette entreprise offre actuellement sur le marché un avion de 50 passagers, le *Canadair Regional Jet* de séries 100 et 200. Cet avion, lancé le 31 mars 1989, dont le vol inaugural s'est produit le 10 mai 1991 et la mise en service en octobre 1992, remporte en ce moment un vif succès avec 308 livraisons en date du 1er mai 1999, dans un carnet de 551 commandes fermes et 243 options. Malgré ce succès apparent, Bombardier devait satisfaire la demande croissante d'un transporteur plus gros et plus rentable pour demeurer compétitif.

Le CRJ 700, schématisé à la figure suivante, se révèle une version allongée du CRJ 100/200. La longueur de l'appareil se situe à 32,51 m, l'envergure est de 23,24 m et le diamètre maximal du fuselage de 2,69 m. L'avion est propulsé à l'aide de deux turboréacteurs à double flux fabriqués par General Electric. La vitesse de croisière élevée est évaluée à 860 km/h et celle optimale à 818 km/h. De plus, la distance franchissable à vitesse de croisière optimale est de 3124 km et le plafond, en ce qui concerne l'altitude, est fixé à 12 496 m. La consommation horaire moyenne en croisière de carburant est évaluée à 1 680 l.

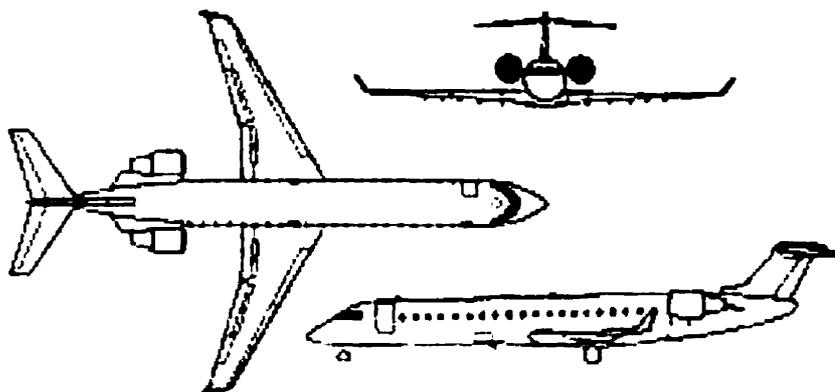


Figure 4.1 - Représentation des vues en trois plans du CRJ 700

Pour ce qui est de l'intérieur, la cabine spacieuse présente deux rangées de deux sièges de front séparées par une rangée centrale dont la hauteur est mesurée à environ 1,85 m et la longueur à 20,78 m. Les différentes configurations de l'intérieur de la cabine permettent d'accueillir de 70 à 78 passagers. Deux membres du personnel navigant technique et deux à trois membres de cabine sont nécessaires pour opérer l'avion et assurer le confort des passagers. En dernier lieu, l'avionique de l'appareil est composée d'un système EFIS/EICAS Collins Pro line de 4 à 6 écrans, d'une double centrale de cap et de verticale, d'un système anticollision et d'un radar météorologique à affichage numérique Collins.

Ainsi, afin de partager les coûts de développement et des risques associés à la conception d'un produit aussi complexe, le CRJ 700 résulte d'un partenariat efficace avec des avionneurs de plusieurs pays différents :

- **General Electric :** - Responsable du groupe motopropulseur
(États-Unis)
- **Mitsubishi :** - Responsable du fuselage arrière
(Japon)
- **Avcorp :** - Responsable de la dérive et des stabilisateurs
(Canada – Colombie-Britannique)
- **Menasco Aerospace :** - Responsable des trains d’atterrissage
(Canada - Ontario)
- **Rockwell Collins :** - Responsable de l’avionique
(États-Unis)
- **AlliedSignal Aerospace :** - Responsable du groupe auxiliaire de bords
(États-Unis)

En ce qui concerne les divisions de Bombardier Aéronautique, on retrouve Canadair responsable de la voilure, le fuselage avant, les portes, la gouverne de direction et des gouvernes. La fabrication des pièces se situe à l’usine de St-Laurent, l’assemblage et les tests fonctionnels s’effectuent à l’usine de Dorval. Ensuite, la division de Shorts, située à Belfast en Irlande du Nord, s’occupe de la conception et de la fabrication du fuselage central et des fuseaux moteurs. D’ailleurs, le 28 septembre 1998, le premier fuselage central a été livré dans un appareil Antonov russe, un des plus gros avions cargo sur le marché. Finalement, la division de Wichita au Kansas procédera aux essais en vol de certification. Ceux-ci auront une durée de 1500 heures distribuées sur cinq appareils dont deux avec un intérieur complet.

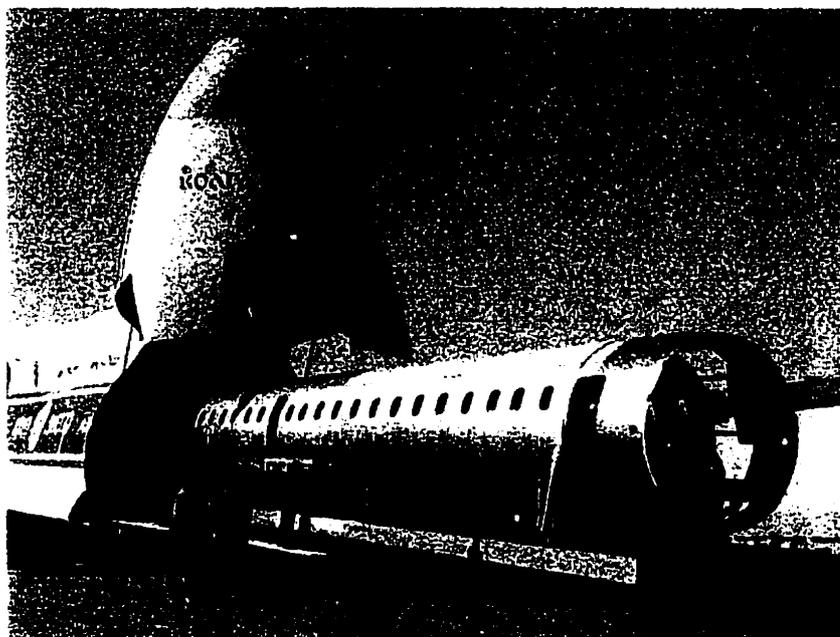


Figure 4.2 - Arrivée du premier fuselage central dans un appareil cargo russe

Ce programme de certification qui se terminera au quatrième trimestre de l'année 2000, culminera avec l'obtention des différents certificats spécifiant la conformité des normes de navigabilité de l'appareil auprès des autorités de Transport Canada, de la *Federal Aviation Administration* et de la *Joint Airworthiness Authorities* d'Europe. Malgré le fait que les livraisons ne commenceront qu'après ces certifications, l'appareil suscite déjà beaucoup d'intérêt. On compte, en date de la fin mai 1999, 96 commandes fermes accompagnées de 140 options. D'ailleurs, les premières commandes fermes ont été placées par BritAir, sur le sol européen pour 4 appareils qui a lancé le programme de développement, suivi par American Eagle pour 25 commandes fermes qui prolonge le succès en sol nord américain.

L'intérêt pour ce programme provient entre autres d'une capacité accrue de l'appareil et d'une réduction de neuf pour cent de la consommation spécifique de carburant par rapport au *Canadair Regional Jet 100/200*, ce qui se traduit par une diminution importante des frais d'exploitation directs par siège-kilomètre. De plus, en se basant sur la conception éprouvée du CRJ 100/200, on assiste à une communauté entre les deux appareils. Cet avantage se traduit par des économies importantes pour les exploitants d'avions mixtes. Ainsi, ils profitent d'une diminution de coûts au niveau de la formation puisque la qualification de l'équipage est la même, et de la maintenance puisqu'ils peuvent utiliser des pièces de rechange communes et le même matériel de servitude au sol. Finalement, le respect de l'échéancier en ce qui concerne l'avancement du programme confirme le sérieux de l'entreprise. Le premier vol s'est effectué le 27 mai 1999 dernier à 16h18, avec quelques jours d'avance. Ce dernier s'est exécuté sur une période de 2h18 à une altitude de 4 572 m et une vitesse de 426 km/h.

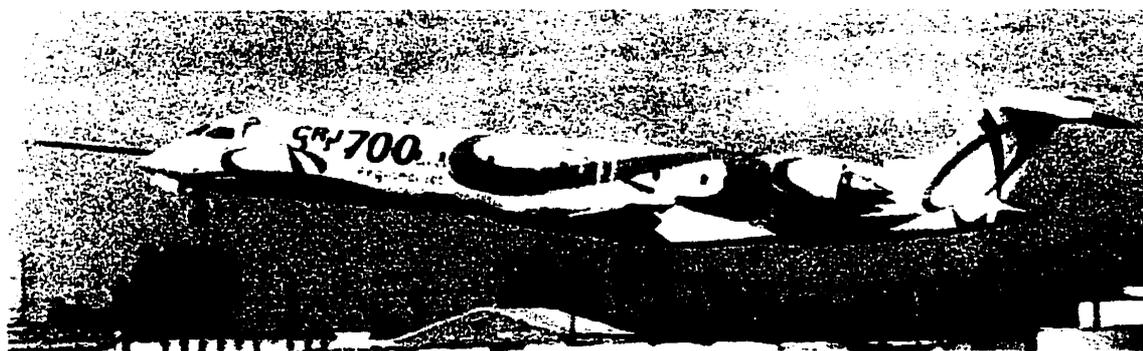


Figure 4.3 - Photographie du CRJ 700 en vol

4.2 ÉTAPES DE RÉALISATION D'UN PROJET DE CONCEPTION À BOMBARDIER AÉRONAUTIQUE

Au cours de la présente section, nous nous intéresserons à résumer les grandes lignes de la réalisation d'un projet de conception par Bombardier Aéronautique. Un projet de conception d'un nouvel avion est extrêmement complexe et nécessite énormément de contrôles, de livrables et de procédures pour y arriver. Afin de faciliter cette compréhension, nous allons débiter avec le processus général pour ensuite s'intéresser, dans les sections suivantes, à l'intégration des deux systèmes officiels de Bombardier, le SIB (système d'ingénierie de Bombardier) et le SMB (système manufacturier de Bombardier) et finalement établir les observations entrevues en cours de projet.

4.2.1 LE PROCESSUS D'AFFAIRE DE BOMBARDIER

Le processus d'affaire de Bombardier commence simplement avec le client et se termine avec celui-ci. Par contre, au niveau de son exécution, nous avons les étapes d'acquisition, de définition, de fabrication et de service à la clientèle. Ces activités sont appuyées par divers éléments. Premièrement, il faut que ce processus soit dirigé par la stratégie de la direction où on retrouve les principes de direction, les plans stratégiques

et le développement de stratégie de produits. Ensuite, il découle du premier élément, la gestion opérationnelle et des programmes. À cette étape, nous retrouvons le plan opérationnel, la planification et la gestion de programme, et le plan directeur. Finalement, il faut supporter ce processus d'affaires en fournissant les ressources appropriées, en satisfaisant les besoins extérieurs et en amenant des outils de mesure de performance.

Cette description du processus d'affaires est très générale, mais elle nous amène à la définition des deux systèmes de gestion de Bombardier; le système d'ingénierie de Bombardier (SIB) et le système manufacturier de Bombardier (SMB). Ces deux systèmes couvrent les besoins de définition des processus et des livrables à l'intérieur de ces deux secteurs. Ces derniers sont intimement liés au processus d'affaires et sont présentés à la figure suivante.

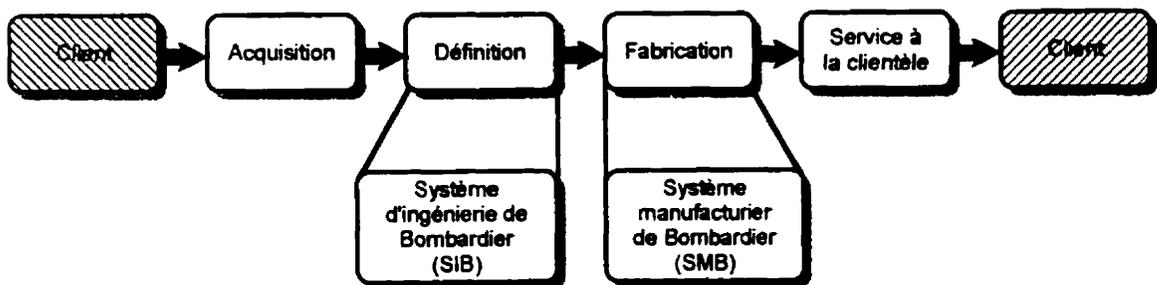


Figure 4.4 - Processus d'affaires de Bombardier et intégration des systèmes SIB et SMB

Les deux systèmes, que nous allons étudier, représentent l'archétype sur lequel doivent se baser les employés dans leur travail au quotidien. Ainsi, ils représentent l'organisation des secteurs de l'ingénierie et manufacturier. La compréhension de ces deux systèmes permet de maîtriser le processus de conception global et intégré de Bombardier à partir de la définition du besoin du client jusqu'à la livraison du composant.

4.2.2 LE SYSTÈME D'INGÉNIERIE DE BOMBARDIER

Le système d'ingénierie de Bombardier (SIB) est un système permettant de standardiser les processus et les livrables nécessaires pour encadrer de nouveaux projets. Ce système est primordial afin de focaliser les efforts de développement au lieu de vouloir réinventer la roue à chaque projet. Toutefois, tout en disciplinant l'exécution, ces procédures doivent laisser place à l'innovation et à l'émergence de nouvelles façons de faire. C'est pourquoi ce système évolue un peu grâce à chaque nouveau projet. De plus, cette méthodologie permet d'intégrer trois niveaux de connaissances, c'est-à-dire la gestion du processus de conception, la gestion de projet et l'intégration de la conception d'un produit. Finalement, l'implantation de ce système est assez récente et s'est établie graduellement à partir de la fin de 1996. Le projet pilote, permettant d'utiliser pour la première fois ce nouveau système, s'est réalisé sur le CRJ 700.

De façon concrète, le SIB, représenté à la figure suivante, divise un projet en phase et en sous-phase. Chaque phase est définie selon ses objectifs à atteindre, ses livrables à contrôler et les différentes révisions de programme à effectuer. Seulement les tâches pertinentes au projet sont conservées. Ainsi, le SIB devient un immense plan de travail ajusté au projet en cours. Il permet également d'effectuer un suivi des avancements des travaux général et un contrôle sur les atteintes d'objectifs spécifiques.

On retrouve sept phases, représentées par les activités D1 à D7 sur la charte SIB, regroupant au total 26 sous-phases. Ces phases sont elles-mêmes encadrées par une phase de gestion de projet, phase D0 ou P0, et celle-ci se divise en cinq phases représentées par les activités P1 à P5.

Premièrement, la phase D1 correspond à la définition du concept qui assure la rencontre adéquate des objectifs techniques. Ainsi, cette étape doit accomplir les sous-phases suivantes : définir les besoins du client, établir des produits compétitifs, créer une base technologique stratégique, élaborer les requis fonctionnels du produit et générer les caractéristiques de produits. Les deux objectifs majeurs à rencontrer sont l'approbation de l'étude de faisabilité et l'établissement des caractéristiques. Les principaux livrables à parachever pour cette phase sont un rapport préliminaire de l'étude de conception, un rapport des requis et des objectifs de marketing, un plan des technologies stratégiques prévues pour les cinq prochaines années comprenant la définition des matériels et des procédés, la stratégie manufacturière, les systèmes informatiques prévus, etc., un

document renfermant les objectifs et les requis concernant le produit en fonction des procédés, un manuel des normes de conception, un document définissant les caractéristiques de produits et un plan de conformité à la navigabilité.

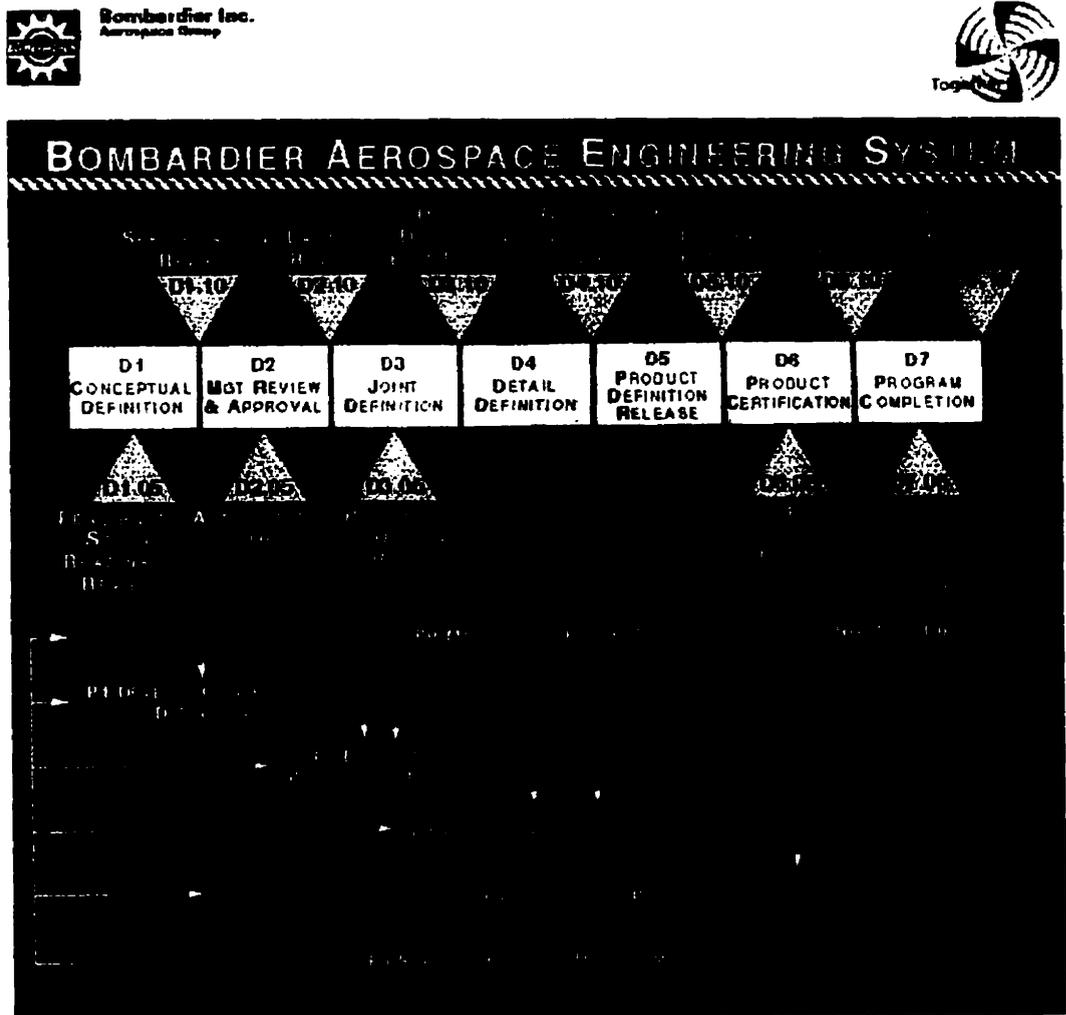


Figure 4.5 - Système d'ingénierie de Bombardier Aéronautique

Deuxièmement, après avoir défini le concept, il faut se préparer à l'approbation de la direction, la phase D2. Ainsi, cette approbation demande tout d'abord de développer un plan d'affaire comprenant un plan de projet, un plan des besoins en ressources humaines, un plan financier, un plan manufacturier et l'identification des partenaires majeurs du projet. Ensuite, il faut préparer la définition de l'infrastructure du projet qui comprend l'établissement de la philosophie d'entreprise, la structure de produit préliminaire et le plan des requis informatique. Ainsi, au cours de cette phase on retrouve l'autorisation d'offrir ce produit sur le marché afin d'aller chercher des commandes fermes auprès des clients. Une fois tous les livrables réunis et que l'analyse des données recueillies se termine, la direction peut alors annoncer le démarrage du projet, le « *Launch* ».

Troisièmement, une fois que les délais, les coûts, l'envergure du projet, les besoins en ressources et la formulation des travaux sont assujettis afin de supporter adéquatement la définition du concept, on peut procéder à la définition commune, le « *Joint Definition* » de la phase D3. Les sous-phases de cette étape sont d'assurer la conformité fonctionnelle du produit, d'optimiser la définition du produit, de confirmer la configuration du produit et d'affirmer les hypothèses financières du produit. Pour y arriver, il faut définir la géométrie et les lignes de l'avion, les systèmes avec leur architecture, leur configuration et leurs caractéristiques au niveau des performances, les interférences structurelles, la masse interne de la structure, la corrélation entre l'étude préliminaire et les caractéristiques de produit, les mesures concernant l'avion, et de

mettre à jour la définition préliminaire du produit et le plan d'affaires. Deux événements marquants officialisent cette activité, la revue préliminaire de la conception où on intègre les concepts de conception afin de l'optimiser, et la revue finale de la définition de conception où le gel de configuration est avancé.

Ensuite, la prochaine étape, la phase D4, permet de concrétiser le gel de configuration de la phase D3 jusqu'à la production concrète des dessins, c'est-à-dire la définition détaillée. Ainsi, les sous-phases se résument à la création des données concernant un produit plus détaillé, à la confirmation de la configuration détaillée à l'aide d'analyses, à l'assurance de la conception détaillée à l'aide d'essais spécifiques et d'identifier les moyens permettant la conformité au niveau de la navigabilité. Les livrables permettant de compléter cette phase sont la définition des pièces et des assemblages, les données concernant les caractéristiques méthodes et celles des fournisseurs, un audit de la configuration, des rapports d'intégration, l'analyse de la matrice concernant la définition détaillée vs les caractéristiques de produit, des rapports regroupant les analyses des essais et un plan préliminaire de conformité. L'activité qu'il faut rencontrer à cette phase est le « *Critical Design Review* ».

Cinquièmement, on retrouve la phase D5 qui permet de concrétiser la définition de produit amenée à la phase précédente. Ainsi, on retrouve l'approbation de la conception, la livraison et le contrôle des dessins et des données relatives, et de finalement confirmer la dernière révision de chacun des dessins. À cette étape, il faut

terminer la conception et émettre les dessins approuvés par toutes les disciplines impliquées dans le processus, de documenter les décisions sous-jacentes à la conception et de confirmer les conditions de performances établies tout au début. De plus, les livrables supportant ces différentes activités se définissent comme ceux étant conjoints avec BMS c'est-à-dire les nomenclatures, les gammes, les cahiers de montage, les mouvements et la conception de l'outillage. En dernier lieu, la préparation d'un rapport permettant l'audit de la configuration s'avère nécessaire afin de conclure l'événement marquant le gel de la conception de base pour la production, « *Production Design Freeze* ».

Sixièmement, après avoir obtenu le gel de la conception, on peut se diriger vers la certification du produit ce qui confirme la phase D6. Les sous-phases permettent de vérifier la fonctionnalité du produit à partir de rapports des essais concernant les composants, les systèmes et l'avion lui-même, d'accomplir les essais amenant la certification du produit avec des rapports d'essai de certification et de qualification des fournisseurs, de produire les preuves de conformité et de terminer la documentation du produit en incluant les manuels d'opération, de références, de maintenance et de réparation, et de vol. Les deux événements marquants sont la revue de préparation au premier vol puisque celui-ci va être exécuté durant cette phase et l'obtention du « *Type Certificate* » délivré par les autorités officielles telles que Transport Canada nécessaire à l'entrée en service du produit.

Finalement, la phase D7 conclut le projet de façon appropriée. Cette étape se complète après avoir confirmé la réception au niveau du marché en infirmant la matrice des besoins et objectifs de marketing, de conduire une revue afin de conclure les états financiers en analysant les heures dépensées sur le projet et de documenter les recommandations amenées par des analyses de fin de projet. À cette phase, l'avion va entrer en service et il ne restera plus qu'à effectuer une revue permettant la validation des opérations.

Toutefois, il ne faut pas oublier la phase D0 ou P0 qui permet la gestion du projet en entier. Cette gestion regroupe cinq phases résumant le projet selon les événements marquants. Tout d'abord, la phase P1, qui est le développement de la définition du concept, débute le projet et se termine lorsque la revue de lancement est effectuée. La phase P2 développe la définition préliminaire avec l'autorisation d'offrir le produit jusqu'au « *Design Definition Exit Review* ». Ensuite, on retrouve la phase P3 qui permet de définir le produit de la revue préliminaire de la conception jusqu'au gel de la conception pour la production. Par la suite, les activités permettant la certification du produit, la phase P4, débutent avec la revue des caractéristiques jusqu'à la toute fin du projet. Finalement, la phase P5 qui se préoccupe de l'appui fourni au niveau de la conception doit être présente tout au long du projet.

4.2.3 LE SYSTÈME MANUFACTURIER DE BOMBARDIER

Le système manufacturier de Bombardier (SMB) établit le rôle de chaque groupe dans le processus de fabrication et est illustré à la figure qui suit. Ainsi, ce dernier discipline la mise en relation de toutes les activités internes de Bombardier reliée à la fabrication et à l'assemblage. En particulier, ce système présente le processus gérant les livrables que doit fournir un service et ceux qu'il doit recevoir pour chaque activité et définit les rôles et responsabilités de chacun de ces groupes. Ce système s'avère également dynamique, c'est-à-dire qu'il doit refléter les nouvelles façons de faire et laisser place à l'innovation. Par exemple, une première ébauche de ce système a été introduite au début des années 90 par Bombardier. Celui-ci s'appelait le système de gestion de programme de Canadair (SGPC). C'est entre les années 1994 à 1995 que le SMB a pris la forme présente que l'on connaît aujourd'hui.

Le SMB est composé de cinq grandes étapes décomposées en 18 processus distincts. La première étape, l'étape A, est la préparation de la soumission. Cette soumission est enclenchée par une demande d'un client ou celle provenant d'une amélioration de produit. Ainsi, l'objectif de ce processus est d'évaluer si le projet proposé amène à temps un produit de qualité au meilleur coût. Le premier livrable est la soumission elle-même devant contenir les hypothèses du projet, un plan de certification, un plan d'aménagement, un calendrier méthodes pour la première unité, un calendrier de production sur cinq années et un plan d'inspection et d'essai. Ensuite, il faut avoir en

main une description détaillée du produit, une liste des systèmes et composants majeurs, un plan manufacturier, un plan d'audit, des rapports d'analyses financières, une liste des coûts et des délais concernant les fournisseurs et les requis d'actif pour mener à bien ce projet.

Deuxièmement, après avoir préparé la soumission, il faut enclencher le démarrage du programme avec l'étape B. Deux processus permettent de compléter cette activité. Le premier est le démarrage d'un programme ou contrat qui harmonise les calendriers importants pour l'exécution du projet. On retrouve, alors, le calendrier de production, de méthodes, d'ingénierie et d'approvisionnement. D'autres livrables sont nécessaires à cette phase; la liste des descriptions techniques, la pyramide de dessins, le plan de réalisation des maquettes, une courbe d'apprentissage reflétant les heures de production, la stratégie d'ordonnancement, l'échéancier de livraison des composants et les contrats de base. Le deuxième processus est l'élaboration de la logistique de production qui définit et planifie l'infrastructure manufacturière requise pour réaliser le projet où le partage des tâches est effectué et dont les partenaires sont déterminés. Au cours de cette activité, trois réunions sont importantes pour enclencher le processus de démarrage. La première est le « *kick-off meeting* » où se tient une réunion d'information regroupant tous les secteurs et permettant d'introduire officiellement le projet. Également, le travail avant-projet est présenté. La deuxième rencontre se résume à la réunion de définition des paramètres de planification. Lors de ce rassemblement, la revue des analyses de chacun des secteurs impliqués est avancée avec les dossiers

préliminaires de planification de base. La dernière réunion concerne l'harmonisation des planifications. Cette revue permet d'harmoniser l'ensemble des différents calendriers afin de s'assurer que les activités de chacun des services permettent de satisfaire les besoins des autres.

Troisièmement, l'étape C se définit comme la préparation des données techniques. Trois processus permettent de compléter cette activité. Le premier est la documentation du « Quoi » d'ingénierie qui permet une définition complète du produit, et l'élaboration du « Comment » par méthodes qui fixe les méthodes de travail permettant la réalisation du projet. Afin de supporter cette activité, on retrouve les dessins, les nomenclatures, les caractéristiques de commandes, les états de livraison, les demandes d'outil, les gammes, les cahiers de montage, les procédures des essais fonctionnels, le tout encadré par un avancement des travaux. Au niveau du deuxième processus, la mise en place de la logistique de production, on retrouve les devis de performance, les demandes d'achats, les prévisions et mandats d'installation, et les prévisions et mandats d'entretien. Finalement, le dernier concerne le développement des ressources humaines, afin d'assurer à la fabrication et à l'assemblage la disponibilité des ressources humaines formées et capables de réaliser le travail requis pour compléter le projet.

La quatrième étape, l'étape D, démontre les activités concernant la réalisation de la première unité et de la série (le « Quand » définie par planification des matières et

travaux et le « Faire » par production). Le premier processus concerne la gestion de l'outillage où l'on assure la conception, la fabrication et le maintien d'un outil de qualité, livré à temps et au meilleur coût. Le deuxième englobe l'approvisionnement en services externes et fournitures requises pour le démarrage et la réalisation d'un programme ou un contrat. Les livrables pour compléter cette activité sont les demandes de soumission, les contrats, les demandes d'achat, les avis d'expédition et les bons de réception. La troisième sous-phase apparaît similaire à la deuxième, sauf qu'elle concerne spécifiquement l'approvisionnement en composants achetés de qualité, à temps et au moindre coût. Le prochain processus définit les activités concernant la fabrication des composants ou plus spécifiquement des pièces primaires. Cette activité a certes besoin de la gamme, de la fiche suiveuse et du bon de composant, mais elle a également besoin de spécifier les études de temps. La cinquième sous-phase correspond en tout point à la précédente sauf qu'elle s'adresse spécifiquement à l'assemblage des unités. Le sixième processus distinct la construction de la première unité afin d'intégrer cette activité avec les phases précédentes au niveau d'un démarrage de projet. Le septième processus concerne l'administration des commandes clients afin d'assurer l'introduction des besoins client, en fonctions des requis contractuels. Les livrables venant supporter cette activité sont principalement la grille de vente, la définition des éléments contractuels et le dossier d'action. Finalement, après avoir incorporé les commandes clients, il faut gérer la gestion des changements de séquence de production client pour réaliser toutes les analyses requises afin d'évaluer la faisabilité de ce changement pour satisfaire les nouvelles dates de livraison demandées par le client.

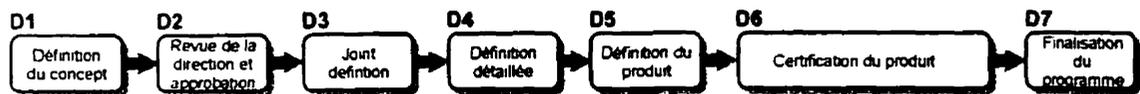
Enfin, la dernière étape se concentre sur les essais et la mise en service des unités. La première sous-phase s'intéresse aux essais et à la livraison des unités afin de livrer un produit de qualité à l'aide de rapports d'essai. Ensuite, le prochain processus introduit la gestion de changements afin d'incorporer des améliorations au produit ou de résoudre certains problèmes. Ces changements sont initiés à l'aide de requêtes de changement, implantés à l'aide d'un dossier d'action et peuvent être supportés temporairement grâce aux avis de modification. La troisième sous-phase concerne l'approvisionnement de pièces de rechange pour un avion déjà en service. Le quatrième offre une similarité à la précédente sauf qu'elle concerne spécifiquement la fabrication de composants de rechange. Le cinquième processus définit le processus d'amélioration de produit où on identifie l'occasion de réaliser un changement avec des études coûts/bénéfices à travers l'organisation. Et finalement, le dernier processus se penche sur la gestion de la non-conformité du produit selon les caractéristiques du client. Les livrables, concernant ce processus, sont le rapport de non-conformité et l'avis d'expédition ou la fiche de réparation.

4.2.4 OBSERVATIONS SUR LES ÉTAPES DE RÉALISATION D'UN PROJET DE CONCEPTION

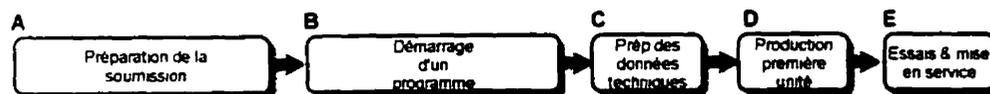
La première observation déduit qu'un processus de conception commun pourrait exister à Bombardier en effectuant l'intégration des deux systèmes. L'élément commun

de ces systèmes est la notion de temps. Ainsi, chacun des systèmes définit des événements marquants à rencontrer selon des phases pour le SIB et des étapes pour le SMB. Alors, il suffit de faire correspondre les activités du SMB de la même façon dont les phases du SIB sont présentées. De plus, certains livrables sont communs entre les deux systèmes. Par exemple, la phase D5 du SIB fait référence à des livrables du SMB au niveau de l'étape C, la préparation des données techniques comme les nomenclatures, les gammes, les cahiers de montage, etc. La figure suivante nous démontre le résultat de cette intégration.

Système d'ingénierie de Bombardier



Système manufacturier de Bombardier



Processus dans le temps



Figure 4.6 - Intégration du SIB et du SMB formant ainsi le processus de conception

Cette figure démontre qu'il pourrait exister un processus intégré qui s'effectuerait totalement en parallèle à Bombardier. Par contre, contrairement au SIB avec la phase D7, le SMB ne se termine pas avec l'activité E. Le SIB encadre le déroulement d'un projet de conception spécifique, avec un début et une fin de projet pouvant s'étendre sur cinq ans. Le SMB, quant à lui, a une durée de vie beaucoup plus longue, c'est-à-dire toute la durée d'un programme. Par exemple, le Challenger, un avion d'affaire à large fuselage et qui a maintenant 20 ans, a subi quatre améliorations importantes et se porte à merveille avec une production de 33 appareils pour l'année 1997-98 et 39 avions pour 98-1999. Le processus de conception au niveau du SMB n'est que le commencement de ce système. Mais il faut toujours tenir compte qu'on retrouve un chevauchement entre les deux systèmes et qu'il faut considérer les deux avec consistance.

Par contre, le processus en parallèle, qu'on observe à un niveau global, s'arrête à ce stade. En ce qui concerne les livrables du SIB jusqu'à la fabrication de l'avion dans le SMB, ces derniers sont effectués en série selon l'approche traditionnelle. Tout le contrôle des livrables et du suivi des avancements des travaux est basé sur une relation client-fournisseur. Ainsi, un client ne peut devenir fournisseur s'il n'a pas reçu la documentation adéquate provenant de son propre fournisseur. Par exemple, le service de méthodes ne peut envoyer son cahier de montage à la planification des matières s'il n'a pas reçu la nomenclature d'ingénierie. Le service de planification des matières et travaux ne peut alors faire commencer l'assemblage par le service de production,

puisque celui-ci n'a pas envoyé sa commande d'assemblage, car le service de méthodes ne lui a pas envoyé le cahier de montage, etc. L'illustration suivante schématise l'intégration des deux systèmes au niveau des livrables et de l'interaction entre les services.

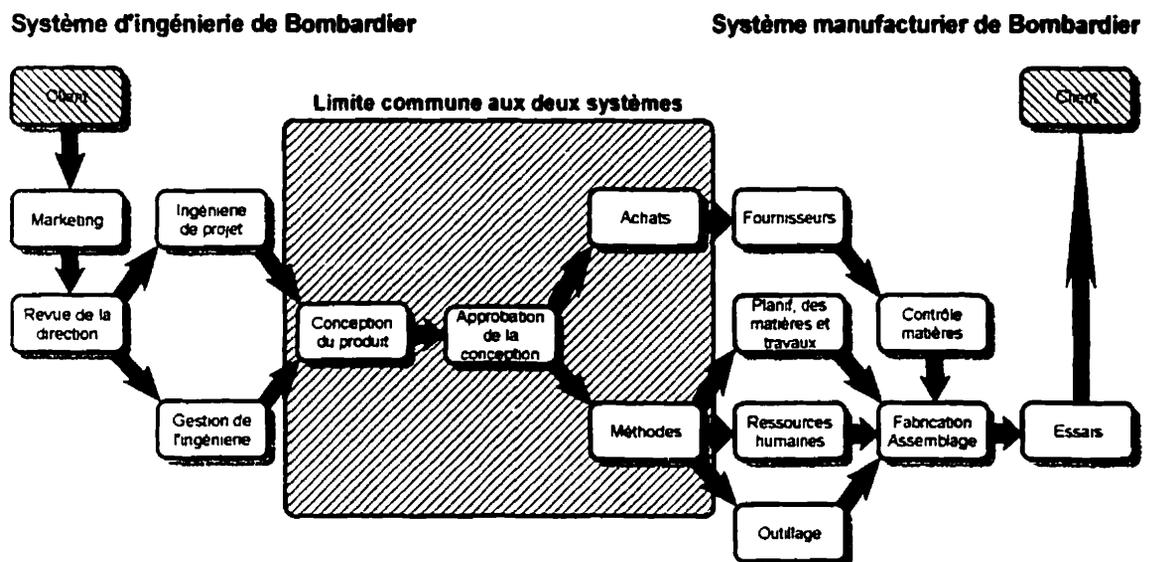


Figure 4.7 - Intégration du SIB et du SMB au niveau des livrables et des intervenants

4.3 LA GESTION DE L'INFORMATION

Le processus de conception définie à la section précédente sous-entend qu'un nombre incalculable de livrables est véhiculé à travers Bombardier. Chaque étape,

chaque service, chaque pièce, chaque outil, etc., nécessite un document pour officialiser le travail à accomplir. Cette masse de papier est nécessaire afin de communiquer à la bonne personne exactement ce qu'elle doit faire. Toute contribution est importante pour accomplir un projet de conception très complexe et celle-ci doit être communiquée adéquatement.

En ce qui concerne le CRJ 700, un des objectifs importants était de partager et d'intégrer l'information entre le secteur d'ingénierie et manufacturier. La communication de l'information à l'interne et entre ces deux groupes est rapidement apparue comme un facteur de succès. Un petit point à souligner est que le meilleur outil pour gérer une quantité appréciable d'information est un logiciel de base de données. Celui utilisé au sein des deux secteurs était Microsoft Access pour Windows. Le choix de cet outil repose simplement sur sa facilité d'utilisation et sur sa performance malgré le fait qu'il réside sur ordinateur personnel.

4.3.1 INTÉGRATION DE L'INFORMATION

La première intégration d'information entre ingénierie et méthodes vient de la négociation du moment exact où les dessins doivent être en approbation finale pour enclencher le processus menant à la fabrication et à l'assemblage des pièces. Ainsi, du côté d'ingénierie, il faut produire la pyramide de dessins, nommée IDL (*Indented*

Drawing List), et assigner à chacun la date prévue de leur approbation. En parallèle, le service de méthodes, à partir du calendrier méthodes qui est une planification de projet comprenant toutes les activités pour accomplir le projet au sein du domaine manufacturier, détermine la date planifiée du requis de chaque dessin. Finalement, ingénierie et méthodes négocient une date acceptable pour les deux services.

La deuxième intégration d'information englobe les avancements des travaux. L'information, pour pouvoir mesurer les avancements de travaux, ne peut provenir des systèmes centraux normalement utilisés pour gérer les livrables d'un programme puisque ces livrables n'ont pas tous été effectués. Comme il a déjà été mentionné, on ne peut avoir, par exemple, de cahier de montage réalisé par méthodes s'il n'a pas reçu la nomenclature d'ingénierie. Donc, il faut procéder à une extrapolation de tous les livrables de chacun des dessins de la pyramide de dessins et de leur assigner une date provenant du calendrier méthodes. Tous ces livrables sont alors créés au sein d'une base de données permettant de suivre leur cheminement. Ainsi, tout le long du projet, Bombardier a la possibilité de mesurer l'avancement des travaux de chacun des services impliqués, afin de déterminer l'état de santé du projet, d'identifier les signes précurseurs de problème et d'apporter les correctifs nécessaires le plus tôt possible. Pour réaliser ce statut, on procédait à une heure de tombée, le vendredi à 16 h, et chacun des services devait effectuer leur mise à jour avant cette heure. Ensuite, une immense base de données compilait les résultats durant la nuit en comparant ce qui était prévu de faire et ce qui a réellement été effectué. L'information fournissait le statut des avancements des

travaux pour chacun des livrables requis pour compléter le projet, reflétant l'intégration du SIB et du SMB au niveau des livrables représentée à la section 4.2.4, et divisait l'information selon les équipes de conception, par exemple, l'équipe de l'aile, du fuselage avant, les portes et le gouvernail, etc. Le service de méthodes était responsable du processus et devait intégrer l'information autant du côté d'ingénierie que du côté manufacturier. Le lundi suivant, chaque service devait valider les résultats obtenus et amener les correctifs nécessaires en cas de problème. Par contre, un principe de base respecté par tous les services était qu'une activité complétée au sein du service, mais qui n'était pas mise à jour dans la base de données, n'était pas complétée. Finalement, une rencontre hebdomadaire était tenue pour présenter les résultats, présidée par le service des méthodes, pour apporter les éclaircissements nécessaires, pour définir des plans de rattrapage et pour discuter de problèmes particuliers. Il était impératif qu'un représentant de chaque service et de la direction soit sur place.

La dernière intégration d'information à survenir concerne la validation de la configuration de l'avion, appelée la validation *AsDesign/AsPlan/AsBuild*. Cette validation est une condition essentielle avant le premier vol de l'avion et cet audit est requis par Transport Canada. Ainsi, le service d'ingénierie doit fournir la liste complète de tout ce qu'il a développé comme dessins et révisions de dessins. Le service de méthodes assemblage doit alors spécifier ce qu'il a fait pour chaque dessin. Ainsi, il doit déterminer si une action était requise et, dans l'affirmative, s'il a réalisé un cahier de montage, un mouvement ou un avis de modification pour couvrir cette action. Ensuite,

le service de qualité doit examiner ce qui a été réalisé en production en fonction de ces cahiers de montage, mouvements et avis de modification. En résumé, tout ce qui a été conçu par ingénierie (*As Design*), doit être organisé par méthodes (*As Plan*) et fabriqué par production (*As Build*). Donc, pour que le produit final soit de qualité, il faut que tous les livrables, provenant d'ingénierie jusqu'à l'assemblage et les essais de l'avion, soient concordants et conformes. Puisque les livrables sont déjà gérés dans les bases de données mentionnées auparavant, celles-ci vont également être utilisées pour cet exercice.

4.3.2 OBSERVATIONS SUR LA GESTION DE L'INFORMATION

En observant attentivement la description faite ci-dessus, on dénote la présence de deux bases de données distinctes, une du côté d'ingénierie et une du côté manufacturier. En ce qui concerne la base de données d'ingénierie, cette dernière ne s'intéresse qu'à un seul livrable, les dessins. Cet outil procède au processus d'approbation de ce livrable, en passant par le concepteur, les différentes analyses comme stress, poids, etc., méthodes fabrication et assemblage, nomenclature et l'approbation du modèle 3D. Par contre, le niveau de difficulté provient des différents types de dessins soutenus par plusieurs groupes d'ingénierie. En résumé, on retrouve le groupe *Project Engineering* responsable des parties majeures d'avion où on retrouve principalement des dessins de pièces et d'installation, le groupe *Core Engineering*

s'occupant principalement d'intégration et des systèmes dont la conception est supportée par des dessins d'interface et de définition de systèmes, et le groupe expérimental qui produit des dessins d'essais fonctionnels. Chacun de ces trois groupes possède sa propre base de données et celles-ci ont évolué séparément à travers le projet en fonction des besoins. Ainsi, au niveau de la troisième intégration de l'information, les différents groupes d'ingénierie ont présenté trois structures de bases de données différentes, ce qui a fortement compliqué cette intégration avec le secteur manufacturier.

Du côté du secteur manufacturier, le problème s'est avéré différent. Ce type d'outil a été utilisé pour la première fois dans un démarrage de programme avec le CRJ 700. Auparavant, chaque service était responsable de définir les livrables pour soutenir la conception et d'effectuer leur propre suivi. Ce suivi des activités était réalisé principalement à la main. Par contre, avec les outils informatiques actuels, il était possible de développer un système de suivi commun facilitant la gestion du projet. Par contre, en ayant peu d'expérience, l'effort de développement de cet outil fut sous-estimé. Ce système n'étant pas toujours prêt à répondre immédiatement à la demande, puisque le développement se faisait en parallèle à la progression du projet et ce dernier fut remis en question de façon régulière. Lors du gel de la configuration de production survenant à la fin de la phase D5 et de l'activité C, le système de suivi commun a été démantelé. Puisque la définition du produit était complétée, tous les services pouvaient maintenant utiliser les systèmes centraux pour gérer leur activité. Par contre, ne pouvant sortir facilement l'information des systèmes centraux, il est, alors, survenu une période de

confusion où il était extrêmement difficile de savoir ce qui était complété et d'évaluer ce qui restait à faire. Cette période, qui s'est étendue sur environ trois mois, s'est terminée lorsque l'assemblage de chaque section majeure de l'avion fut suffisamment avancé pour effectuer un suivi à la main. Toutefois, le système de suivi fut préparé pour entreprendre l'après gel de configuration du produit, c'est-à-dire la gestion des changements, au niveau de méthodes assemblage. Ce système modifié était nécessaire afin d'effectuer la troisième intégration de l'information. Par contre, avec le démantèlement, chaque groupe de méthodes assemblage s'était développé leur propre méthode de suivi à la main. Il a fallu un effort immense de chacun des groupes pour repeupler correctement la base de données pour effectuer à temps la troisième intégration avant le premier vol.

Donc, malgré un besoin d'information commune tout le long du projet, afin de bien le gérer, on assiste à un déploiement de systèmes de gestion différents. L'intégration entre ces systèmes devient alors de plus en plus ardue à effectuer. Alors, il survient une confusion, des guerres de chiffre et une dilution de la synergie entre les groupes. Puisque l'information est la base de la communication, lorsque celle-ci est déficiente, la direction de chacun des services affiche un mode défensif et les gens commencent à perdre le centre d'intérêt qui est d'identifier les secteurs problématiques, de trouver ensemble les solutions appropriées le plus rapidement possible et d'élaborer des plans d'exécution réalisable. Alors, il faut fournir beaucoup d'efforts et d'engagements pour remédier à cette situation.

4.4 ORGANISATION DES MEMBRES DU PROJET DE CONCEPTION

Après avoir étudié la culture organisationnelle et les différents processus encadrant les employés impliqués dans un projet de conception, l'organisation directe des participants affirme l'importance de bien comprendre les efforts de conception nécessaire à la réalisation d'un produit tel qu'un avion. Au cours des sous-chapitres qui suivent, nous allons analyser les lieux de travail et les interactions entre les différents groupes.

4.4.1 LES ÉQUIPES DE CONCEPTION DE PRODUIT INTÉGRÉES (INTEGRATED PRODUCT DESIGN TEAM - IPDT)

Un autre concept a été introduit dans la conception du CRJ 700, les équipes de conception de produit intégrées (*Integrated Product Design Team - IPDT*). Ces équipes prennent une place importante au niveau de la conception puisque les stratégies de développement passent par elles. Sept IPDT ont été formées qui regroupe des sections d'avions ou de systèmes; l'aile, le fuselage avant, les différentes portes et le gouvernail, les contrôles de vol, les intérieurs, l'assemblage final et les harnais électriques. Ces sept groupes représentent également les regroupements de travail que Canadair se révélait responsable.

La responsabilité de ces équipes se résume à concevoir, à fabriquer, à installer les systèmes et les provisions pour les essais, et à préparer les données relatives aux requis de certification. L'objectif général est de répondre aux attentes du client. Celles-ci sont véhiculées selon des conditions de performance du produit attendues, de qualité recherchée, de délais à rencontrer et de respecter les coûts ou même arriver en dessous. Concrètement, les membres de l'équipe doivent concevoir et fabriquer aux coûts unitaires visés ou en dessous, de rencontrer les requis techniques (*Canadair Technical Requirements Document – CTRD*), de livrer les unités à temps et d'adopter les meilleurs compromis, même si les objectifs qui y sont reliés sont conflictuels.

Le livrable par équipe sur lequel les membres doivent se commettre est le plan de projet d'équipe (*Team Project Plan*). Ce dernier contient le CTRD, les principes d'opération, les stratégies de développement désirées, les différents plans élaborés et le budget de développement. Également, chacun s'engage à rencontrer les livrables provenant des deux systèmes de Bombardier, le SIB et le SMB. De plus, les fondements de conception, sur lesquels ces équipes doivent se baser, sont regroupés dans un guide appelé « *IPDT Design Guide* ». On retrouve à l'intérieur de ce guide toutes les références, et les orientations en ce qui concerne la numérotation des dessins, le dimensionnement et la définition des tolérances, les règles appliquées à CATIA, et les caractéristiques spécifiques concernant les pièces achetées, en métal en feuille, machinées, en composite, les attaches, la tuyauterie et la finition.

Par la suite, l'organisation de ces équipes regroupe premièrement des services qui sont localisés physiquement au même endroit. Ces derniers font partie des membres permanents. Par exemple, le service d'ingénierie va être brisé en sept parties représentant chacun des IPDT. Donc, les ingénieurs de l'aile vont être assis à côté des agents méthodes dont le service va être brisé de la même façon. On se retrouve, alors, avec des organisations plus petites facilitant grandement la communication entre ces deux services. En résumé, les employés de ces deux services forment l'équipe de conception de l'aile, mais chaque service à l'intérieur est subdivisé en fonction. Cette organisation est démontrée à la figure suivante.

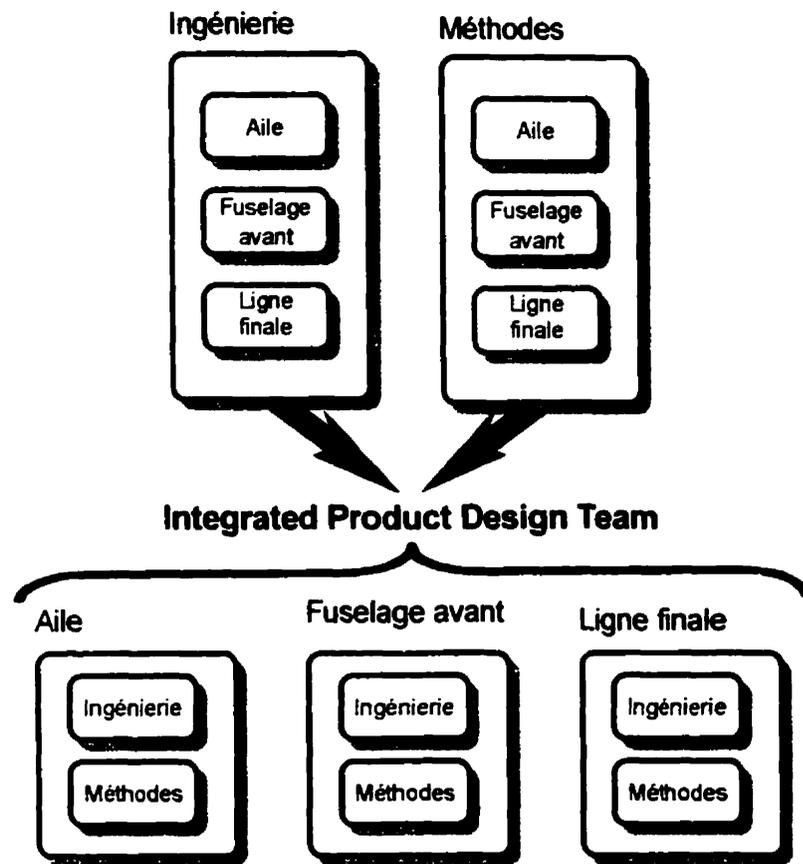


Figure 4.8 - Services réorganisés selon le concept d'IPDT

L'exemple ci-dessus ne démontre pas l'ensemble des participants permanents, mais a seulement pour but de simplifier la compréhension. Voici la composition prévue pour l'implantation des équipes de développement :

- Administration
- Gestion de projets et responsable du contrôle des coûts

- Ingénierie :
 - Conception de structure
 - Conception de l'installation des systèmes
 - Nomenclature
- Manufacturier :
 - Méthodes assemblage
 - Planification des matières et travaux assemblage
 - Méthodes fabrication
 - Planification des matières et travaux fabrication

Deuxièmement, afin de supporter ces équipes de développements, les autres fonctions nomment des représentants qui ont plein pouvoir au niveau de la prise de décision. Ces délégués proviennent des services suivants :

- Expérimental
- Flight Operation
- Ingénierie :
 - conception des systèmes
 - support (aérodynamique, loads, thermodynamique, etc.)
- Manufacturier :
 - méthodes programmation à contrôle numérique
 - outillage (conception et fabrication)
 - Achats
 - Qualité (contrôle fournisseurs, fabrication, assemblage)
- Service clientèle :
 - pièces de rechange
 - publication technique

Enfin, certaines considérations doivent être prises dans l'établissement d'équipe IPDT. Tout d'abord, dès le début du programme, la direction de chacun des services impliqués doit clairement assigner des représentants afin d'appuyer le programme de développement. De plus, il sera nécessaire de mettre en place des contrôles et des systèmes de suivi permettant d'évaluer l'efficacité et la progression de ces équipes. Par exemple, il se tiendra à toutes les deux semaines une revue du calendrier d'avancement de chaque équipe, présidée par ingénierie, avec les directeurs des services impliqués. Ensuite, l'évaluation de chacun des membres participants aux différentes équipes devra être évaluée selon les performances de celles-ci. Par contre, toutes les décisions sans appel demeureront toujours sous la responsabilité du groupe fonctionnel auquel appartiennent les participants.

4.4.2 OBSERVATIONS SUR L'ORGANISATION DES MEMBRES D'UN PROJET DE CONCEPTION

Dans la réalité, au niveau du CRJ 700, les participants aux équipes IPDT ont été les services d'ingénierie et méthodes assemblage. La colocation de ces deux services a favorisé une collaboration étroite et résolu beaucoup de problèmes de communication, principalement en ce qui concerne la détermination de concepts d'assemblage, la priorité des dessins et de la disponibilité de ceux-ci. De plus, cette organisation a facilité l'implantation de certains concepts provenant de méthodes au niveau de la conception,

comme le « *part-to-part* » qui sera élaboré à la section 4.5.1.

Tout d'abord, les premiers participants ne se retrouvant pas localisés près des IPDT émanaient des services concernant la fabrication. Ces derniers ont décidé de rester dans leur groupe fonctionnel. Il est à noter que leurs composants étaient fabriqués à l'usine 1, comme il a été mentionné à la section 4.1. De cette façon, cela leur évitait beaucoup de problèmes de logistique sur le plan de l'espace, de la téléphonie et des systèmes informatiques, puisque leurs installations allaient demeurer permanentes. Toutefois, ces derniers étaient toujours disponibles pour participer à la résolution de problèmes. Par contre, lorsque la pression devenait plus vive au sein de ces deux groupes, on pouvait assister à une certaine réclusion. De plus, un des principaux reproches, fait régulièrement au service des méthodes fabrication, était l'augmentation des délais dans le cycle d'approbation des dessins. Le service d'ingénierie a souvent insisté pour qu'un représentant soit présent en tout temps, mais cette requête a toujours été refusée afin de ne pas diluer les ressources et de maintenir un certain contrôle. Finalement, une des sources de mécontentement entre les groupes fabrication et ingénierie se résumait à la qualité des dessins d'ingénierie. Le service de méthodes fabrication reprochait à ingénierie le nombre trop élevé de révision de dessins les concernant, tandis que le service d'ingénierie spécifiait que ces révisions provenaient de demande de changements survenus après l'approbation des dessins, au lieu de les identifier adéquatement avant ou pendant le cycle d'approbation. Donc, le fait de ne pas participer aux IPDT, amène une réclusion au sein des services, gère les activités de

façon traditionnelle et occasionnelle, en dernière analyse, un processus de justification, au lieu d'identifier les problèmes et des les résoudre.

Par exemple, avec une participation active, un des problèmes qui aurait pu être identifié à temps aurait été l'identification de tolérances trop serrées sur l'aile. Avec la définition du « *part-to-part* », le service de méthodes assemblage doit définir des tolérances plus serrées au niveau des pièces de détail, en considérant les nouvelles techniques de fabrication, pour arriver à un niveau de tolérance acceptable au niveau de l'assemblage. Ces requis sont alors incorporés dans les dessins par ingénierie. Cette définition est validée par la suite par méthodes fabrication lors du processus d'approbation des dessins. Une fois les dessins approuvés, méthodes assemblage produit un état de livraison par dessin à méthodes fabrication spécifiant les conditions particulières des différentes pièces. Ensuite, méthodes fabrication envoie une demande d'outillage au service de conception d'outillage. Ces derniers, une fois la documentation entre leur main, ont refusé ses demandes puisqu'ils n'étaient pas en mesure de rencontrer les tolérances demandées. Alors, méthodes fabrication a demandé de modifier les dessins et de revoir le concept d'assemblage avec des tolérances moins serrées. Ainsi, il en résulta des révisions de dessins, de nouveaux états de livraisons et de nouvelles demandes d'outillage. Donc, si ces quatre services avaient travaillé étroitement ensemble durant la conception et non pas attendre la documentation, créant ainsi une synergie, probablement que ce problème aurait été identifié à temps et la qualité des documents se serait révélée excellente dès le départ.

Par contre, même au niveau de quelques équipes IPDT certains résultats furent mitigés. Par exemple, l'organisation de la conception des harnais électriques s'est avérée éprouvante. La conception de ce type de système est extrêmement complexe puisqu'ils doivent intégrer un ensemble de systèmes électriques et électroniques, de fils, de connecteurs et de relais dans toutes les sections de l'avion. On retrouve deux services de méthodes assemblage, un pour la définition de l'assemblage des harnais et l'autre pour l'installation dans l'appareil, et deux équipes en ce qui concerne ingénierie, une équipe s'occupant de l'intégration et l'autre de conception. L'équipe de méthodes assemblage était localisée à l'usine 3 près des installations d'assemblage, l'équipe de méthodes installation et l'équipe d'intégration étaient rassemblées en colocalité à l'usine 1 et l'équipe de conception à Belfast en Irlande du Nord. Cette organisation démontre bien le besoin d'une équipe IPDT plus concentrée. Car, les deux équipes de méthodes ne faisaient pas parti du cycle d'approbation et lorsqu'est venu le temps d'assembler les harnais et de les installer, les équipes d'ingénierie se sont retrouvées avec plusieurs milliers de requêtes de changements affectant tous des dessins déjà terminés ce qui représente une surcharge de travail incroyable. Ce processus itératif est entraîné principalement à cause d'une approche traditionnelle de conception. De plus, sans un effort appréciable de ralliement des troupes et de contrôle extrêmement serré par la suite, cette façon d'aborder la conception aurait pu retarder significativement tout le programme de conception.

Une autre observation concerne l'organisation des IPDT. Ainsi, le regroupement des services impliqués dans la conception d'une section d'avion est certes une amélioration, mais n'apparaît pas optimal. On se retrouve avec de mini-organisations de conception et non pas d'équipes de travail multidisciplinaires. En gardant des mini-organisations, ce qui facilite néanmoins la communication, améliore beaucoup les façons de véhiculer l'information et la synergie des groupes afin de mieux définir les contraintes de base de chacun, les gens travaillent toujours dans leur groupe fonctionnel selon une approche traditionnelle de la conception. Ainsi, la dynamique de groupe qui s'installe en est une de travail d'équipes et non pas celle de travailler ensemble, ce qui est très différent. Par exemple, en cours de définition de produit, un froid s'est installé au sein de l'équipe IPDT de la ligne finale. Le service d'ingénierie considérait que méthodes assemblage n'était jamais d'accord avec leur concept, et pour méthodes, qu'ingénierie ne voulait pas inclure les considérations du domaine manufacturier. Malgré un arrêt des communications durant un mois, la définition de produit s'est poursuivie quand même, selon le processus itératif de l'approche traditionnelle. Ainsi, ingénierie envoyait leurs dessins en approbation à méthodes, ces derniers écrivaient leurs commentaires et les renvoyaient à ingénierie, pour qu'ils effectuent les modifications nécessaires, jusqu'à l'approbation finale des dessins. Donc, si ces équipes avaient travaillé ensemble, le bris de communication n'aurait pu se faire, des méthodes de résolution de conflits auraient été immédiatement mises en place et les considérations de chacun des groupes auraient été prises en ligne de compte, ce qui aurait sauvé les délais du processus itératif.

La dernière observation concerne l'organisation des équipes IPDT en ce qui a trait à l'interface structure-système. Les IPDT sont organisés par section majeure de l'avion. Les concepteurs s'occupent de développer la structure et l'installation des systèmes. Par contre, la conception des systèmes est réalisée par d'autres groupes distincts de ces équipes IPDT. En ne pouvant pas attendre la conception des systèmes pour concevoir la structure, les concepteurs dans les IPDT devront faire intégrer après coup l'installation des systèmes, les problèmes d'interface et amener des corrections au niveau de la structure. Cette situation est appelée par Boeing comme le deuxième effort de conception. Donc, il faut absolument intégrer les groupes de conception de systèmes dans les IPDT. Cette constatation est d'autant plus vraie que des efforts pour adapter l'organisation des IPDT à incorporer la conception des systèmes devraient être mis en place. Plus particulièrement, la définition tardive des points d'ancrage et d'attaches des systèmes, qui est effectuée après la conception de la structure, demande une révision majeure auprès de celle-ci, produisant alors un impact sur les coûts de conception et augmente considérablement les délais. De plus, ces systèmes sont localisés à travers tout l'avion et non pas par secteur majeur d'avion. Par exemple, un essai réalisé sur les mécanismes de contrôle de l'aile va toucher plusieurs sections d'avions comme le fuselage avant et l'aile. Ainsi, si des problèmes d'interférence surviennent à différents endroits, il faudra trouver les représentants spécifiques de l'équipe IPDT du fuselage avant, de l'aile et des contrôles de vol, ce qui fait beaucoup d'intervenants pour arriver à régler des problèmes précis.

4.5 LES OUTILS DE CONCEPTION

4.5.1 OUTILS UTILISÉS DANS LA CONCEPTION DU CRJ 700

Le premier outil utilisé autant du côté ingénierie que du côté manufacturier est la conception assistée par ordinateur avec l'application CATIA. À Canadair, tous les dessins provenant d'ingénierie sont développés dans CATIA et sont disponibles pour consultation pour tous les services ayant un terminal installé. Ainsi, méthodes assemblage génèrent leur aide visuelle à partir des modèles développés, les employés des machines à contrôle numérique utilisent l'information provenant des modèles 3D et les concepteurs d'outillage développent directement les outils dans CATIA à partir de l'information déjà existante. Ainsi, tous les services travaillent avec la même information. D'ailleurs, toutes les divisions de Bombardier Aéronautique, sauf la division de Shorts, utilisent cette technologie pour développer les sections ou les pièces dont ils sont responsables. Par contre, chacune des divisions possède leur propre base de données de dessins et l'intégration ne se réalise pas de façon instantanée. L'utilisation de CATIA est encore nouvelle à Bombardier, CATIA a été introduit pour développer le Global Express, et certains problèmes sont survenus dans son utilisation. Par exemple, lors de la transposition de certains modèles 3D à une surface plane 2D (*flat pattern*) nécessaire pour la programmation numérique, les points de référence étaient sélectionnés à l'intérieur de la structure et non à l'extérieur. Il en résultait des pièces trop courtes.

Toutefois, une fois ces problèmes identifiés, ils étaient rapidement corrigés.

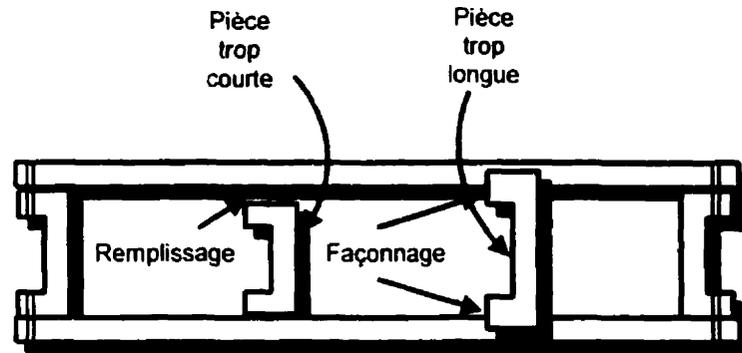
Également, avec CATIA, l'utilisation de maquette numérique a fortement été utilisée pour analyser les problèmes d'interface et d'interférences entre les pièces. Ainsi, il n'a pas été nécessaire sur le CRJ 700 d'utiliser des maquettes grandeur nature pour intégrer les sections provenant de différents participants. Par exemple, pour la jonction des fuselages, dont le fuselage avant est assemblé à Canadair, le fuselage central par Shorts en Irlande et le fuselage arrière par Mitsubishi au Japon, la gestion des interfaces a été réalisée électroniquement ce qui s'est avéré beaucoup plus économique et plus facile à gérer selon les considérations de logistique. Par contre, certaines maquettes physiques ont été nécessaires. Ces maquettes peuvent être regroupées en trois types de besoin. Le premier se définit pour régler des problèmes d'interface. Comme il a été mentionné auparavant, l'assemblage d'un harnais électrique est très complexe. Ainsi, la seule maquette physique pour identifier des problèmes d'interface a été pour simuler le cheminement des harnais dans les fuselages avant, central et arrière. Cette simulation permettait d'établir l'endroit où devaient passer les harnais, de définir leurs dimensions et d'aider à déterminer où l'installation des systèmes devait se faire. Le deuxième besoin se résume à des requis de certification. Deux maquettes ont été réalisées pour répondre à des requis spécifiques. Premièrement, une maquette de la section des bagages a été réalisée. Cette maquette a servi à effectuer des essais pour la détection de fumée. La deuxième maquette fabriquée représentait la sortie d'urgence au-dessus de l'aile. Un essai d'évacuation d'urgence des passagers a été conduit en mai

1998. Cet essai était nécessaire pour prouver la sécurité de l'appareil puisque le fuselage était plus long que celui du CRJ 200 déjà en service. Un vidéo de cette évacuation a été envoyé à l'Université de Greenwich en Angleterre pour effectuer de plus amples évaluations et pour aider au développement de l'application EXODUS. Finalement, la dernière maquette réalisée avait un but purement marketing. Cette dernière représente l'intérieur de l'appareil grandeur nature. Les clients présents, ainsi que les futurs, peuvent avoir un avant goût de l'aménagement de la section des passagers et de les aider à définir la configuration désirée.

En dernier lieu, certaines approches de l'intégration des besoins manufacturiers et d'assemblages dans la conception (*Design for manufacture - DFM* et *Design for Assemblies - DFA*) ont été utilisées au cours de la conception. Par exemple, en ce qui concerne le DFM, les caractéristiques incorporées dans les dessins de détail prennent en considération les pièces qui vont être fabriquées en métal en feuille ou machinées sur des machines à contrôles numériques. De plus, les employés effectuant le développement des logiciels pour les machines à contrôles numériques utilisent l'information directement générée par CATIA. En ce qui concerne le DFA, sur le CRJ 700, on a utilisé une approche définie lors de la conception du fuselage avant du Global Express, le pièce-à-pièce (*part-to-part*). Cette approche a été véhiculée à travers les équipes IPDT du fuselage avant et de l'aile. La conception pièce-à-pièce dérive de l'habilité que les systèmes de production et de mesure ont aujourd'hui de créer des assemblages sans le besoin d'outillage de contrôle. Le principe est d'éliminer des étapes

intermédiaires durant l'assemblage. On assiste alors à une augmentation du nombre de pièces machinées et d'une diminution du nombre total de pièces. Ensuite, il faut dessiner les pièces pour qu'elles s'imbriquent tel un jeu de mécano en limitant les problèmes d'interface entre les pièces. Ainsi, il faut trouver la définition entre les pièces ne permettant aucun ajustement, remplissage, façonnage ou l'utilisation d'un outil de contrôle. L'illustration suivante représente simplement le principe élaboré. L'approche conventionnelle démontre des pièces entièrement fabriquées selon leur forme géométrique finale. Celles-ci peuvent être affectées par des variances dans la méthode de fabrication. Pour contrer ces variances, l'approche pièce-à-pièce démontre des pièces dont le concept de fabrication brise la forme géométrique facilitant l'assemblage. Des trous pilotes permettent de facilement localiser les deux pièces et de les ancrer solidement. Ensuite, elles sont jointes sans ajustement quelconque. Dans le présent exemple, on assiste à une augmentation du nombre de pièces, ce qui peut arriver quelques fois lorsque la géométrie des pièces est brisée, mais généralement ce nombre diminue.

Approche conventionnelle



Approche pièce-à-pièce (part-to-part)

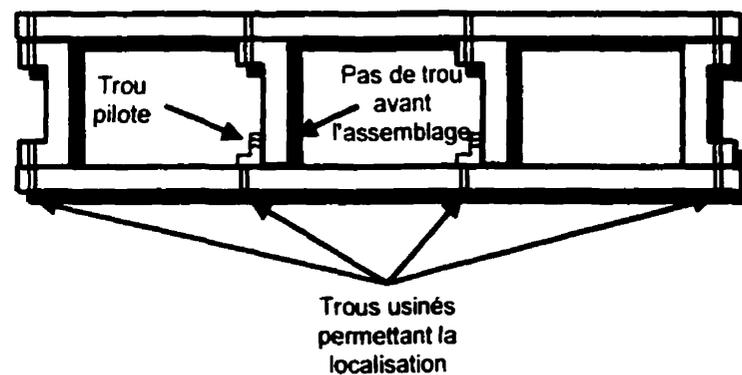
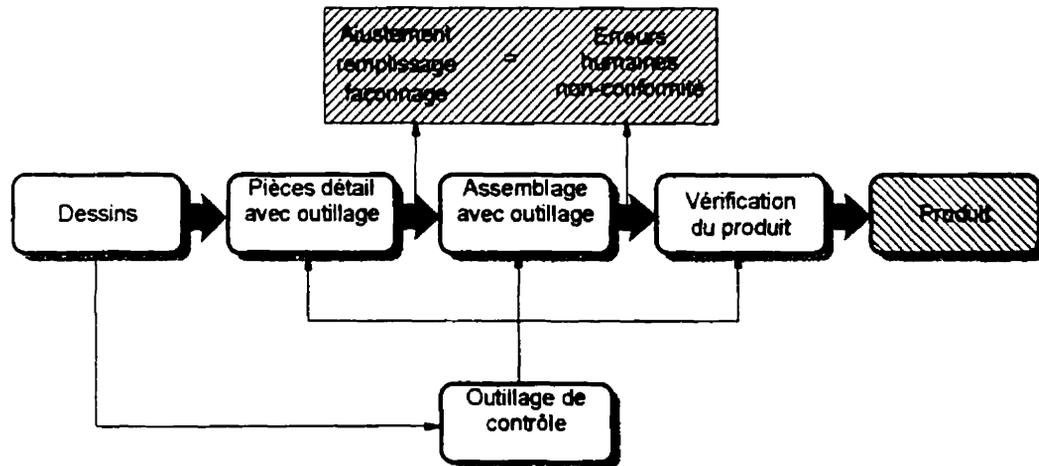


Figure 4.9 - Illustration du principe de l'approche pièce-à-pièce en comparaison à l'approche traditionnelle

Cette approche, avec l'utilisation de pièces contrôlées numériquement et l'assemblage pièce-à-pièce, amène une réduction des erreurs humaines possibles. Les résultats se résument à une réduction de la paperasse et des changements, une diminution de pièces et d'assemblages non conformes donc une augmentation de la qualité, comme il est démontré à la figure suivante.

Approche conventionnelle



Approche pièce-à-pièce (part-to-part)

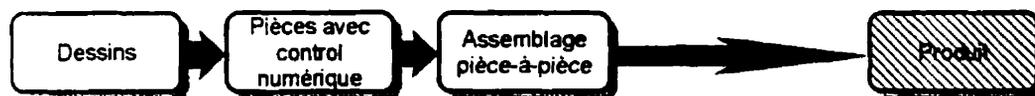


Figure 4.10 - Démonstration de l'amélioration du processus de conception avec l'approche pièce-à-pièce

4.5.2 OBSERVATIONS SUR LES OUTILS DE CONCEPTION

Tous les outils décrits jusqu'à maintenant permettent de faciliter la conception à partir du concept jusqu'à la concrétisation du produit. D'ailleurs, en se basant sur les résultats obtenus, des efforts supplémentaires devraient être mis de l'avant pour étendre leur utilisation. Par exemple, il faudrait implanter les processus complets du DFM et

DFA. De plus, un perfectionnement sur CATIA pourrait permettre aux utilisateurs de mieux maîtriser les concepts de base. Un fait à remarquer au niveau de CATIA, est que les efforts pour bâtir le modèle 3D devraient être maintenus sur la durée du programme. Par exemple, sur le CRJ 700, l'équipe de conception au niveau d'ingénierie a considérablement diminué depuis que la présente phase est la gestion du changement. Par contre, les concepteurs qui sont demeurés sur le programme pour supporter cette gestion du changement, ne peuvent consacrer de temps à maintenir le modèle 3D. Donc, la gestion des interférences des changements apportés au niveau de la conception va s'effectuer au niveau de l'assemblage et de l'installation de composants. Cette situation va malheureusement entraîner un processus itératif ralentissant l'incorporation des changements.

Un dernier point à soulever est qu'aucun outil n'est mis en place afin de s'assurer que les requis du client sont incorporés dans la conception. Il est vrai que les données techniques sont transmises à partir du document des requis et objectifs de marketing. Par contre, ceux-ci sont déterminés dès la phase D2 et ce sont les devis techniques qui sont fournis pour la conception. Donc, les concepteurs se sont basés sur des données techniques à rencontrer et non d'objectifs provenant directement de la voix du client. Par exemple, les données techniques de la porte passager du CRJ 700 ont été basées sur les concepts du CRJ 200. Par contre, il convient que le concept de base de la porte, avec une petite roulette sur la gauche lors de l'ouverture, amène une déformation à long terme. De plus, cette porte est très difficile à ajuster lors de l'installation. Ces critères

n'ont pas été considérés dans l'évaluation du concept général de la porte et une nouvelle conception sera peut-être nécessaire à long terme.

4.6 LES UNITÉS DE TEST

4.6.1 DÉFINITION DES UNITÉS DE TEST

Afin de permettre le premier vol de l'avion et sa certification, il faut produire certaines composantes de l'avion ne servant qu'à effectuer des essais précis. La première unité de test à être assemblée fut une partie de la structure de l'aile où étaient installés les slats et les flaps. Le nom de cette unité est l'ISTR (*Integrated Systems Test Rig*). Elle sert principalement à l'intégration pour le « *fit and function* », c'est-à-dire pour vérifier l'ajustement et la fonctionnalité des systèmes installés. Ce dernier est indispensable pour assurer la sécurité en vol avant d'effectuer le premier vol. Les principaux essais effectués sur cette unité sont, bien sûr pour soutenir les essais en vol, mais aussi pour les essais appuyant la certification tels que l'identification de cas d'incapacité de fonctionner, de coincement, et des essais d'endurance.

La deuxième unité produite, nommée CAST (*Complete Airframe Static Test*) ou statique, consiste en une structure complète de l'avion. Le programme d'essais pour cette unité comprend quatre examens des charges devant être conduits avant le premier

vol. On retrouve l'essai des charges limitent nécessaire également pour la certification, l'essai ultime devant être réalisé avant la certification, l'essai pour déterminer la force résiduelle et celui permettant d'identifier les cas de réserves marginales.

La dernière unité, qui comme la CAST, est formée de sections majeures d'une structure complète d'avion, se nomme DADTT (*complete airframe Durability And Damage Tolerance Test*) ou fatigue. Le programme d'essai sur cette unité se sépare en trois phases. Durant la première phase, le groupe expérimental simule 80 000 vols, ce qui correspond à la première durée de vie d'un essai de durabilité. À cette phase, on observe les dommages naturels pouvant apparaître sur l'avion. Ensuite, sur la deuxième phase le groupe expérimental induit la deuxième durée de vie, c'est-à-dire qu'on assiste à la simulation d'un autre bloc de 80 000 vols. À ce stade, les observations conduites concernent des dommages naturels et provoqués. La dernière phase consiste tout simplement à un essai de force résiduelle. Une partie de ces essais doivent être conduits avant la certification, c'est-à-dire un quart de la première durée de vie d'un essai de durabilité.

4.6.2 OBSERVATIONS SUR LES UNITÉS DE TEST

Sans la réalisation de ces différents essais, le CRJ 700 ne peut ni voler ni être certifié. Par la définition de ces critères, l'intégration du groupe expérimental devient une nécessité pour le succès du projet, ce qui n'a pas toujours été le cas sur le CRJ 700. Pour ce qui est de la définition et de l'installation des instruments de mesure, l'information n'était pas clairement définie et difficile à obtenir. De plus, l'intégration avec les autres systèmes était difficile puisque leur définition n'était pas réalisée en même temps. Une entente, qui avait été mise de l'avant, est que, si les instruments étaient disponibles à temps, le service de production allait procéder à l'installation. Par contre, il arrivait souvent qu'un système, déjà installé, doive être défait en partie pour installer de l'instrumentation par le groupe expérimental.

De plus, toutes les unités d'essais devraient être incorporées dans la planification de projet si ceux-ci nécessitent des pièces et des assemblages de production. Par exemple, en ce qui concerne l'ISTR, des désaccords sont survenus au chapitre de la priorité du relâchement des dessins, puisque les membres de l'équipe expérimentale désiraient des pièces de production avant même que celles-ci soient conçues. L'harmonisation entre le calendrier expérimental et celui d'ingénierie n'a jamais pu être effectuée, démontrant un écart de quatre à six mois. Cet écart a été rattrapé, mais il aurait pu avoir un impact majeur puisque, sans cet essai, le premier vol ne peut être effectué.

Enfin, il faut limiter les coûts de ces unités d'essai. Par exemple, des discussions se sont produites pour déterminer s'il fallait construire des installations pour permettre le jumelage des fuselages dans les bâtiments d'expérimental. Des installations semblables coûtent plusieurs dizaines de milliers de dollars sans compter l'octroi de ressources indispensables comme la main-d'oeuvre du service d'outillage qui travaillaient intensément pour bâtir l'outillage des unités de production.

CHAPITRE 5 – RECOMMANDATIONS DE L'IMPLANTATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE À BOMBARDIER

Kiyoshi Suzaki a écrit dans son livre, *The New Manufacturing Challenge-Techniques for Continuous Improvement* : “ L’histoire de l’homme nous a appris que si nous pouvons imaginer quelque chose, nous pouvons la réaliser (traduction de l’auteur)”. Ce chapitre regroupe les différentes recommandations permettant d’imaginer une implantation de l’ingénierie simultanée au sein de Bombardier Aéronautique, tout en considérant le portrait contemporain de l’entreprise. Ainsi, les recommandations seront apportées en fonction des analyses et des observations amenées dans les chapitres 3 et 4, et structurées selon l’ordre du modèle de l’ingénierie simultanée détaillé au cours du chapitre 1 et détaillé à l’annexe 1.

5.1 PRÉPARATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

5.1.1 APPUI DE LA HAUTE DIRECTION

Les premières remarques provenant des résultats des questionnaires sur la difficulté d’implanter l’ingénierie simultanée chez Bombardier Aéronautique concernent la direction. Ainsi, les répondants dénotaient un fossé entre eux et la direction, en

stipulant que la direction rejeterait un tel concept. Le premier élément de succès d'une telle aventure dépend de l'approbation de la haute direction. Sans cette approbation, le projet s'arrête là, car les ressources ne seront pas disponibles pour appuyer la démarche et les efforts ne seront pas récompensés. Par contre, la haute direction ne semble pas en désaccord avec le concept en général. On peut retrouver des éléments mis de l'avant par celle-ci qui s'avère un excellent début. Par exemple, lors de la conception du Global Express, le concept de travail d'équipe et l'implication du secteur manufacturier dès la conception a été avancé. Sur le CRJ 700, ce dernier a été formalisé avec les équipes IPDT. Donc, la considération des besoins de l'ensemble des services de Bombardier Aéronautique dans la conception fait tranquillement son chemin.

Par contre, on peut remarquer que l'intégration de ce concept dans les pratiques courantes de travail ne fait pas partie des priorités. Par exemple, il aurait été inacceptable de couper la communication au sein d'une équipe IPDT, comme sur la ligne finale, et que les membres continuent de travailler selon une approche traditionnelle. Pour que l'ingénierie simultanée fonctionne réellement, il ne faut pas seulement une approbation du concept par la haute direction, mais également une prise de position formelle de leur part. Ainsi, après une formation adéquate, cette dernière devra afficher que l'implantation de l'ingénierie simultanée s'avère une priorité, démontrer une implication quotidienne dans chacune de leur action et décision, et véhiculer clairement les objectifs recherchés, afin de s'assurer de la mobilisation de leurs employés.

5.1.2 LA CULTURE DE L'ORGANISATION

La façon, dont les énergies et les comportements des employés d'une entreprise sont mobilisés, ne dépend pas seulement de leur perception de la vision de la haute direction, mais également de la culture de cette entreprise qui les enveloppe quotidiennement. La figure suivante présente le portrait de la culture à Canadair. Cette figure provient du résumé des résultats obtenus au chapitre 3.

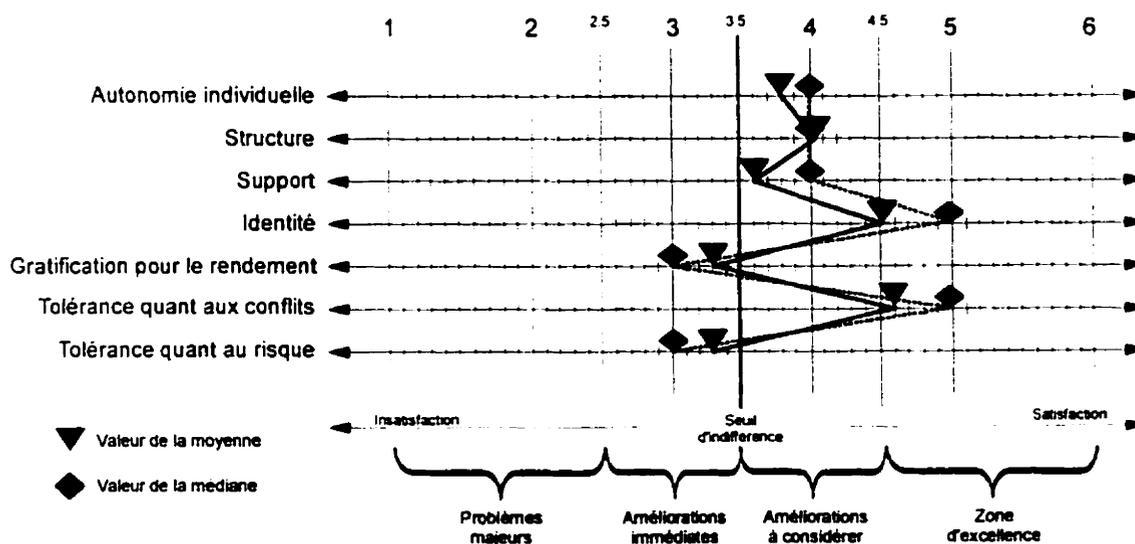


Figure 5.1 - Portrait de la culture de Canadair

Quatre zones ont été identifiées sur le graphique afin de regrouper les différents facteurs définissant la culture organisationnelle. La première zone concerne les problèmes majeurs qui rendraient complètement l'organisation déficiente.

Heureusement, aucun des facteurs étudiés ne se retrouve dans cette catégorie. La deuxième zone identifie les facteurs auxquels l'entreprise devrait élaborer un plan d'action immédiat si elle désire implanter l'ingénierie simultanée. Les actions amenées permettront de contrer les insatisfactions énoncées par les employés. La troisième zone identifie les facteurs où les employés sont satisfaits, mais qui demandent quand même de l'amélioration. La dernière zone, la zone d'excellence, présente les facteurs sur lesquels l'organisation peut s'appuyer pour mobiliser ses employés.

5.1.2.1 Améliorations immédiates

Deux facteurs démontrent une certaine insatisfaction des employés, c'est-à-dire qu'ils se retrouvent à gauche du seuil d'indifférence sur le graphique, ce qui confirme le besoin d'apporter des améliorations immédiates. Le premier point concerne la gratification pour le rendement. L'entreprise est perçue comme n'évaluant pas et ne récompensant pas adéquatement ses employés selon leur contribution et leur succès. D'ailleurs, certains commentaires à la fin du questionnaire spécifiaient un manque d'équité en ce qui concerne le système de récompense. De plus, celui-ci ne semble pas être présenté de façon ouverte selon des critères précis et réalisé régulièrement. Pourtant, un système de récompense existe bel et bien à Bombardier Aéronautique. De plus, chacun des superviseurs reçoit une formation particulière pour bien l'appliquer. Pour remédier immédiatement à cette situation lors d'une implantation de l'ingénierie

simultanée, des objectifs et des critères bien précis devront être spécifiés avant de commencer un projet de conception. Ainsi, chacun des employés sera au courant de ce qu'il aura à accomplir et sur quoi il sera évalué tout au long du projet. De plus, il faudra que l'échéancier des évaluations soit intégré à celui des avancements des travaux et de la progression du projet. Ainsi, la direction démontrera que le système de récompense est bien défini et bien encadré, ce qui devrait rassurer les employés dès le départ. Par contre, la direction devra se soumettre à respecter ses engagements tout le long du projet de conception si elle ne veut pas créer un climat de méfiance et de démobilitation des employés.

Le deuxième point concerne la tolérance de la direction quant au risque. Malgré le fait que les employés sentent une certaine pression à innover et un appui quant aux idées nouvelles, ces derniers font face à une intolérance en regard à l'échec et au manque de reconnaissance pour ceux décidant de courir certains risques calculés. Ainsi, les employés se retrouvent devant l'obligation de travailler selon des méthodes ou des procédures reconnues, laissant peu de place à l'innovation. Afin de contrer cette perception auprès des employés, il faudra identifier, dès le commencement du projet, les risques qui lui sont associés. Cette identification devra être réalisée avec le système de récompense, puisqu'il y est également question de récompense. Ainsi, en définissant exactement les zones à risque au sein du travail des employés, ceux-ci pourront spécifier les contraintes, les autres possibilités et les ressources nécessaires pour diminuer l'échec. De plus, en effectuant le suivi adéquatement selon la progression du projet, ces risques

seront réévalués afin d'assurer le succès du projet dans son entier. Les différentes actions énumérées ci-dessus sont absolument nécessaires afin de diminuer l'insatisfaction des employés. Sans un plan d'action approprié, les chances de succès d'implanter l'ingénierie simultanée vont s'avérer limitées, car, avec la présence de sources d'insatisfaction, Bombardier Aéronautique ne sera pas en mesure de motiver les employés à engager les efforts nécessaires pour accomplir la tâche exigeante d'un développement d'avion.

5.1.2.2 Améliorations à considérer

Ensuite, la deuxième zone, où on retrouve trois facteurs, l'autonomie individuelle, la structure et le support, fixe les améliorations à considérer afin de renforcer la position de l'organisation. En premier lieu, les améliorations à considérer concernent les différents aspects de l'autonomie individuelle des employés. En particulier, les employés perçoivent que leur niveau de participation et d'influence en ce qui a trait à la prise de décision ne s'avère pas suffisant, malgré le fait que ce sont eux qui sont responsables de la planification et de la qualité de leur travail. Ainsi, dans leur rôle fonctionnel, les employés sont confinés aux cadres établis de leur fonction et tout ce qui sort de ce schéma de référence, doit avoir l'approbation de la supervision. Par contre, dans un projet d'ingénierie simultanée, les participants d'une équipe multidisciplinaire seront appelés régulièrement à dépasser leur rôle fonctionnel et à

considérer de nouveaux besoins provenant de services différents. Ainsi, ils devront prendre certaines décisions et actions permettant de faire avancer le projet. Alors, pour permettre la mise en confiance autant de la part la direction que celle de l'employé devant prendre une décision, il faudra mettre en place un système d'enrichissement des tâches basé sur des critères bien précis et de décentralisation des décisions permettant la réduction des cycles d'approbation tout au long du projet de conception.

Deuxièmement, une autre avenue d'amélioration se résume à la connaissance et la maîtrise de la structure encadrant le travail des individus. Une lacune identifiée par les employés porte sur un manque de précision dans la définition des tâches et dans l'établissement des priorités. De plus, la conception d'un avion se révélant très complexe, la connaissance des livrables de la conception jusqu'à l'assemblage final semble confuse. Finalement, les employés ne semblent pas connaître les besoins identifiés par les clients. Toutefois, au sein de Bombardier Aéronautique, il existe une définition très précise des processus et des livrables à effectuer pour chacun des services. Mais ces derniers sont peut-être trop généraux pour être appliqués dans les tâches quotidiennes. Ainsi, il faudrait définir un nouveau véhicule permettant de transposer le travail quotidien à partir des processus généraux et qui serait plus accessible pour les employés. De plus, une certaine vulgarisation serait nécessaire pour comprendre le processus de conception en entier. Ainsi, il serait souhaitable d'avoir une représentation unique des deux systèmes de Bombardier, démontrant une interaction entre les différents livrables. Ceci devrait faciliter l'établissement des priorités dans le cadre de l'ingénierie

simultanée. Les participants seront en mesure d'établir clairement ensemble ces priorités afin que celles-ci soient compatibles avec les besoins de chacun et auront l'obligation de s'assurer qu'elles seront conformes à la progression du projet de conception. En dernier lieu, l'application de la QFD, définie au chapitre 5 de l'annexe 1, devrait répondre adéquatement à l'identification, à la connaissance et à l'incorporation des besoins des clients de Bombardier Aéronautique par chacun des participants.

La dernière amélioration à considérer se résume à l'appui fourni par la direction et le niveau de formation reçue. Le dernier point semble tout particulièrement toucher les employés puisqu'ils considèrent que la formation est inadéquate ou tout simplement inexistante lorsqu'un employé accède à un nouveau poste ou doit utiliser un nouvel outil de travail. Il ne faut pas oublier qu'il a été mesuré en 1997 que près de 46 % des employés, avec un niveau de confiance à 5 %, n'ont qu'une à cinq années d'expérience. Donc, il serait souhaitable pour Bombardier Aéronautique de mettre en place un système de formation permettant aux employés de commencer solidement leurs nouvelles fonctions. De plus, il a été suggéré qu'un système de coaching formel devrait être déployé pour que les employés moins expérimentés puissent bénéficier des connaissances et de l'expérience d'un employé plus aguerri. Le dernier aspect vise le niveau de consultation de la direction auprès des employés. Cette dernière est reconnue pour imposer ses idées et démontrant un certain manque d'écoute. Ce manque d'écoute provient principalement d'une lacune dans la communication entre les deux parties. Ce point vient rejoindre le sujet de la décentralisation des pouvoirs et de la décision. Dans

un environnement supportant l'ingénierie simultanée, les participants des équipes multidisciplinaires seront appelés à dépasser leurs cadres fonctionnels. Ainsi, ils devront prendre des actions affectant les façons d'effectuer leur travail quotidien. Donc, la direction devra laisser place aux initiatives et ne pas confiner les participants dans des cadres précis, mais amenant une flexibilité au niveau de l'équipe. Par contre, un certain contrôle devra également être mis en place afin d'éviter l'anarchie. En étant responsables de leurs actions et de l'impact de celles-ci, les participants auront la tâche principale de communiquer ces nouvelles façons de faire et de s'assurer de l'intégration praticable auprès de leurs confrères de travail pour conserver une certaine uniformité.

5.1.2.3 Facteurs sur lesquels Canadair peut s'appuyer

Pour faciliter une implantation, il faut identifier les éléments accessibles permettant la mobilisation des employés vers les mêmes objectifs. Ainsi, deux facteurs pourraient permettre cette mobilisation, l'identité et la tolérance quant aux conflits. Tout d'abord, on remarque un fort sentiment d'appartenance des employés à la compagnie. En résumé, ils recherchent l'atteinte des besoins des clients et l'incorporation des objectifs de la compagnie dans leurs tâches quotidiennes. Ensuite, le dernier élément concerne le degré de collaboration et du respect du point de vue des autres. Ainsi, Canadair est reconnue comme ayant une excellente collaboration entre les services où les employés reconnaissent la performance du travail d'équipe. Sans aucun doute, en

focalisant sur ces éléments lors de l'implantation de l'ingénierie simultanée, les employés auront toutes les raisons pour assurer le succès de l'entreprise puisqu'ils s'identifieront à cette vision.

5.2 LA STRUCTURE

5.2.1 LA STRUCTURE D'UN PROJET DE DÉVELOPPEMENT

La structure générale d'une entreprise permet de faire converger la contribution des efforts de chacun des services. Ainsi, pour optimiser cet apport, il est important d'organiser adéquatement l'ensemble des gens qui contribue au succès du projet de conception. Pour le CRJ 700 la structure de l'organisation s'apparente à une combinaison entre l'approche traditionnelle et matricielle. Celle-ci est représentée à la figure suivante de façon très simplifiée. Précisément pour faciliter la compréhension et la comparaison avec l'approche de l'ingénierie simultanée, seulement deux groupes, c'est-à-dire ingénierie et méthodes, et trois regroupements de sections d'avion et de conception à effectuer, le fuselage avant, l'aile et la ligne finale, ont été représentés. En général, cette figure démontre une certaine décentralisation des échanges vers les groupes fonctionnels puis un effort de centralisation vers les équipes IPDT. C'est cet effort de centralisation qui amène certains aspects de l'approche matricielle.

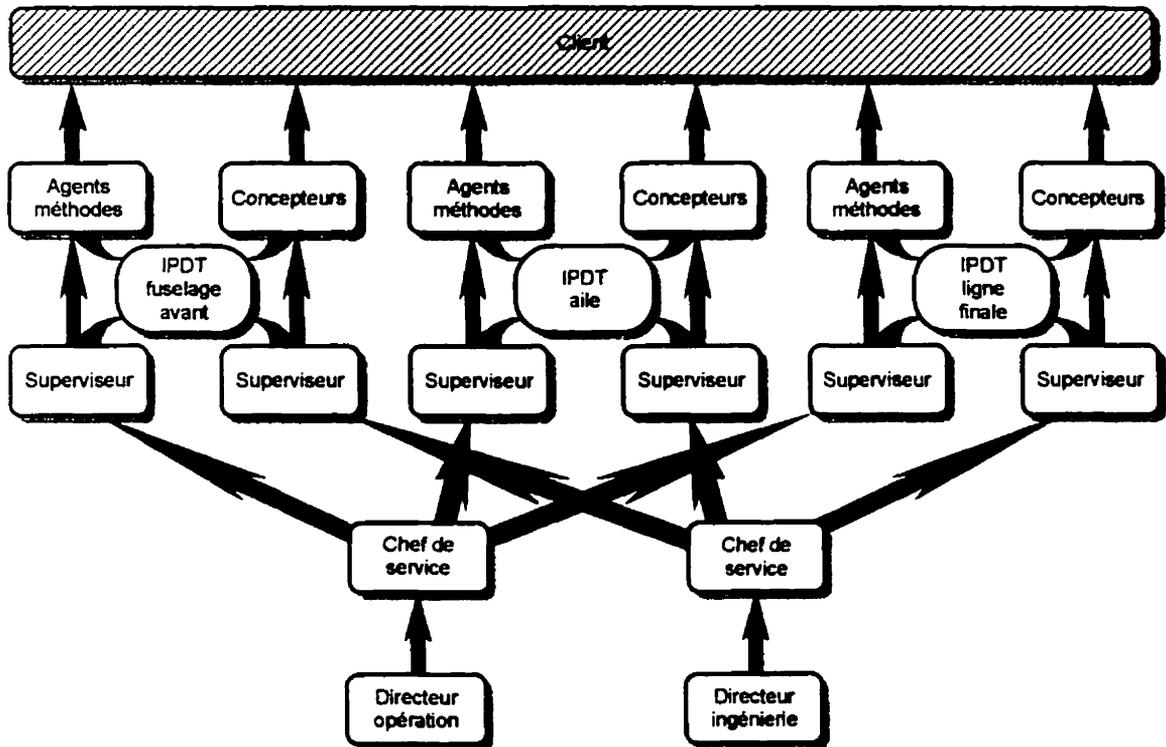


Figure 5.2 - Structure effective sur le CRJ 700

Par contre, afin d'amener un certain dynamisme dans la conception, l'ingénierie simultanée permet une interrelation plus directe entre les intervenants. Pour représenter la structure proposée, cette dernière est basée sur celle définie pour les projets de conception amenée à la figure 1.6. La figure suivante est adaptée et détaillée en fonction de la structure du CRJ 700 et représente la structure de l'ingénierie simultanée.

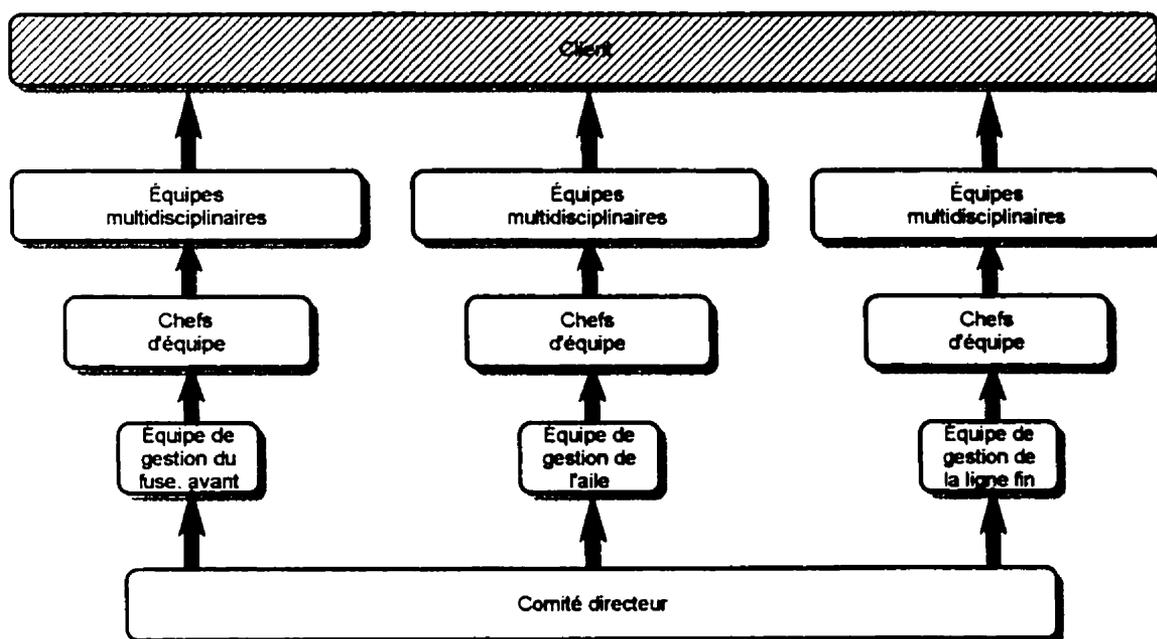


Figure 5.3 - Structure proposée de l'ingénierie simultanée

Il est certain, en observant cette figure, qu'il y a plus qu'une équipe multidisciplinaire sous une équipe de gestion, comme il y a plus d'un agent méthodes ou d'un concepteur sous un superviseur. Malgré tout, l'information et la prise de décision demeurent beaucoup plus linéaires et intégrées. D'ailleurs, le nombre d'équipes multidisciplinaires devrait varier dans le temps. Ainsi, au début du projet, lors de l'analyse des concepts généraux, il y aura peut-être une ou deux équipes multidisciplinaires sous une équipe de gestion. Au fur et à mesure que les concepts se précisent et se développent, le nombre des équipes augmente et les participants s'occupent de section d'avion de plus en plus précise.

Au niveau de la répartition des tâches au sein des équipes multidisciplinaires, il faut former des équipes pour les systèmes mécaniques, hydrauliques et avioniques afin de pouvoir fournir le soutien adéquat lors des tests fonctionnels. Un des problèmes identifiés sur le CRJ 700 était que les groupes sont séparés uniquement par section d'avion. Ainsi, on retrouve des composants du système hydraulique dans le fuselage avant, l'aile, les fuselages centraux, etc. Lorsque venait le temps d'effectuer des tests fonctionnels sur le système hydraulique, il fallait trouver les bons intervenants dans chaque section d'avion afin de résoudre un problème. En regroupant les systèmes ensemble, on accélère les interventions, tout en s'assurant de l'intégration avec les autres systèmes.

Finalement, au cours du chapitre 1, il a été mentionné d'une équipe multidisciplinaire d'intégration. En ce qui concerne Bombardier Aéronautique, cette équipe existe de façon naturelle, c'est l'équipe de la ligne finale. Par contre, en considérant la grosseur du produit et sa complexité, on retrouvera plusieurs équipes multidisciplinaires. Ainsi, sur le CRJ 700, l'équipe de la ligne finale s'occupe de la jonction des différents fuselages, de la définition, de la connexion et de l'installation des systèmes dans chacune des sections et de faire le lien avec les partenaires qui conçoivent des sections complètes d'avion. Donc, dans un projet d'implantation d'ingénierie simultanée, la tâche principale de ces équipes multidisciplinaires sera l'intégration de l'ensemble des composants de l'avion pour que celui-ci soit conforme avec les stratégies globales. Ces derniers devront être présents au tout début du développement et

participer à la définition des systèmes. Sur le CRJ 700, l'équipe de la ligne finale a été formée tardivement dans le projet. Les états de livraisons pour les partenaires tel que Shorts et Mitsubishi ont été réalisés en retard, entraînant des désaccords au niveau des interfaces entre les structures et les systèmes.

5.2.2 LES ÉQUIPES MULTIDISCIPLINAIRES

La partie la plus attendue lors de l'élaboration de la structure de l'ingénierie simultanée s'avère la composition des équipes multidisciplinaires puisque celles-ci représentent le coeur du développement des produits. À l'intérieur de Bombardier Aéronautique, il existe une certaine fusion entre les fonctions avec les équipes IPDT. Par contre, celle-ci ressemble plus à un regroupement et non pas à une intégration directe dans la façon d'effectuer la conception. De plus, ce ne sont pas tous les concepteurs, les agents méthodes, etc., qui participent aux réunions IPDT, mais seulement un représentant des différents groupes. Donc, on n'assiste pas à une intégration des fonctions dans le développement. Par contre, il faut reconnaître que ces équipes deviennent un excellent point de départ pour l'implantation de l'ingénierie simultanée. Les membres des IPDT sont généralement satisfaits de l'expérience puisqu'ils ont pu saisir les besoins des autres services et comprendre l'impact de leur travail sur celui des autres. Ainsi, les équipes IPDT ouvrent la voie aux équipes multidisciplinaires en ayant un impact positif sur la culture de l'organisation.

En résumé, une équipe multidisciplinaire doit refléter une intégration des fonctions dans les tâches quotidiennes. Dans le chapitre 3.2.1 de l'annexe 1, nous pouvons retrouver de l'information concernant la formation d'un groupe primaire composé des membres permanents et un groupe secondaire regroupant les intervenants fournissant un appui à la conception. Comme il a été mentionné maintes fois, un avion est un produit complexe. Afin de conserver un nombre de participants, de 8 à 15, le plus bas possible pour que les équipes multidisciplinaires soient performantes, il serait nécessaire d'avoir trois groupes distincts.

Le premier groupe, le groupe primaire, se compose de membres permanents directement impliqués dans la conception et dont leur travail dépend totalement d'elle. Le groupe secondaire regroupe également des membres permanents, mais ceux-ci viennent appuyer la conception par leur intervention et dont le nombre ne justifierait pas l'assignation d'un membre par groupe primaire. Le dernier groupe, le groupe tertiaire se compose de membres fournissant l'appui aux deux autres groupes et gérant les équipes multidisciplinaires. Les participants de ce groupe peuvent être permanents ou occasionnels selon les besoins. Par contre, la logistique devrait toujours être mise en place en tout temps pour que ceux-ci soient toujours fonctionnels.

Voici la composition des équipes multidisciplinaires :

Groupe primaire :

- **Concepteur de structure**
- **Concepteur d'installation de systèmes**
- **Concepteur de système**
- **Agent méthodes de fabrication**
- **Agent méthodes d'assemblage**
- **Agent de tests fonctionnels**
- **Concepteur d'outil**

Groupe secondaire :

- **Analyste de conception**
- **Représentant du groupe expérimental**
- **Agent de gestion de configuration**
- **Représentant d'usine**
- **Planificateur des matières et travaux**
- **Acheteur**
- **Agent qualité**
- **Fournisseurs**
- **Clients**

Groupe tertiaire :

- **Gestionnaire de projets et de programmes**
- **Représentant de finance**
- **Agent marketing**
- **Membre du service à la clientèle**
- **Membres de l'équipe de gestion**

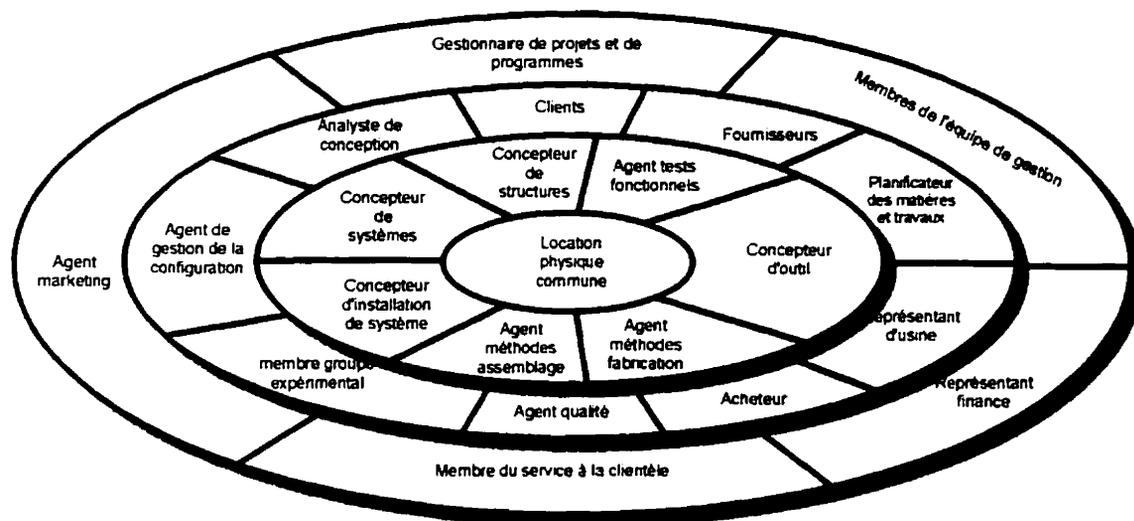


Figure 5.4 - Représentation des différents groupes de membres des équipes multidisciplinaires

La colocation de chacun de ces membres apparaît évidente pour un projet de conception. Cette dernière apporte un échange d'information fructueux qu'il ne faut pas négliger, facilité grâce au contact immédiat entre les participants. Ainsi, les membres d'un groupe primaire seront localisés ensemble, de même que ceux des groupes secondaires et tertiaires, et partageront les mêmes installations et les mêmes équipements. De plus, l'aménagement physique devrait refléter l'interrelation entre les différents groupes. Par exemple, s'il est déterminé qu'il est nécessaire d'avoir un groupe secondaire pour quatre groupes primaires, celui-ci sera localisé avec les quatre groupes primaires, et ainsi de suite. La figure suivante représente un exemple d'aménagement physique.

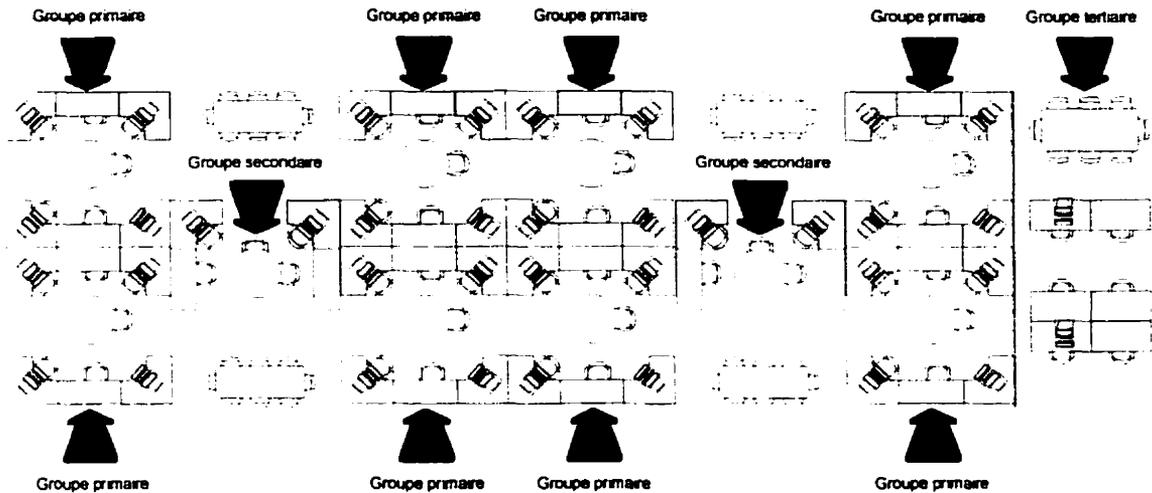


Figure 5.5 - Exemple d'un aménagement rassemblant les équipes multidisciplinaires

5.3 L'INFRASTRUCTURE

5.3.1 STRUCTURER LE DÉROULEMENT DE LA CONCEPTION

Avant d'effectuer l'implantation de l'ingénierie simultanée, il est nécessaire de fixer le déroulement de la conception. Cette structuration du programme de développement doit incorporer les activités du secteur manufacturier au niveau de la conception et mettre l'accent sur la simultanéité des fonctions, comme il a été mentionné au cours du chapitre 1. Pour ce qui est de la présente étude, Bombardier Aéronautique possède deux systèmes très bien détaillés, le SIB et le SMB. Le SIB correspond à un

processus de barrières bien défini permettant d'encadrer adéquatement un projet de conception d'un avion au niveau des activités du secteur ingénierie. Le SMB pour sa part gère tous les processus du secteur manufacturier pour le bon fonctionnement d'un programme tel que le CRJ 700 au complet.

Toutefois, il est à noter que l'évaluation de la performance de ces deux systèmes n'est pas couverte au cours de ce mémoire. Ce sujet complexe pourrait faire l'objet d'un mémoire en lui-même. Par contre, certains organismes offrent leur service pour effectuer une telle étude. Par exemple, ces deux systèmes peuvent être évalués selon la méthodologie offerte par SECAT, les modèles de qualification de la maturité de l'entreprise (Capability Maturity Model). En résumé, ces modèles évaluent les pratiques de développement et de gestion des projets de conception, organisent l'information selon 5 niveaux de progression décrivant la maturité des systèmes de l'entreprises et proposent les étapes à suivre pour contrôler, structurer et faire évoluer au prochain niveau les pratiques courantes.

Par contre, nous pouvons quand même faire ressortir certaines différences fondamentales entre les deux systèmes. Le SMB ne correspond pas à une gestion de projet comme les SIB. Pourtant, dans le secteur manufacturier, l'organisation de la première unité est bien différente en comparaison au reste du déroulement du programme régulier depuis quelques années. Normalement, le service méthodes assemblage a un directeur qui regroupe tous les programmes comme le Challenger, le

CRJ 100/200, etc., sous lui. La même organisation s'applique au service de planification des matières et travaux, de qualité et de production. Par contre, avec le Global Express et le CRJ 700, tous les services concernant les activités d'assemblage sont rassemblés sous le même directeur opération afin de faciliter la coordination. Ensuite, une fois le projet de conception sous contrôle et le programme stabilisé, l'organisation du CRJ 700 va être démantelée et se retrouver dans les organisations régulières; c'est-à-dire que le service méthodes assemblage du CRJ 700 va se retrouver sous le directeur méthodes, etc. Ce transfert est appelé le retour aux opérations courantes. Ce processus n'est pas défini dans le SMB. Pourtant, ce processus devrait être contrôlé adéquatement afin de s'assurer que le retour aux opérations courantes se fait en douceur et que les problèmes et les changements, reliés à la conception, à la mise à l'essai et au programme de certification, sont définitivement réglés. En résumé, une nouvelle étape devrait être ajoutée au SMB, l'étape F, pour refléter le besoin de normaliser le processus de transfert et de finalisation du projet de conception.

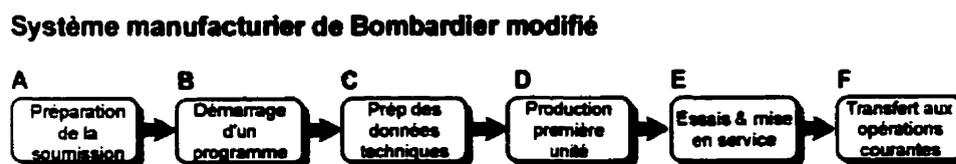


Figure 5.6 - Représentation du SMB avec l'ajout d'une nouvelle étape

Dans le cadre d'un processus régissant l'ingénierie simultanée, cet ajustement n'est pas suffisant. Le fait d'avoir deux systèmes différents dilue les efforts, car les événements et les objectifs ne sont pas les mêmes. Également, cette dualité diminue la communication, puisque le langage utilisé dans chacun des systèmes est différent. Donc, il faut absolument mettre sur pied un système commun qui permettrait de véhiculer la même vision et de mieux gérer l'ensemble du projet à tous les niveaux. Celui-ci pourrait s'appeler le SSB (le système simultané de Bombardier). Le SSB permettrait de couvrir les besoins communs en même temps. Par exemple, le fait que ces deux systèmes ne soient pas intimement coordonnés, le début et la fin du projet de conception ne correspondent pas tout à fait dans les deux systèmes. Tout d'abord, il est difficile pour le secteur manufacturier de justifier les ressources appropriées lors de la définition des concepts, puisque ceux-ci n'ont pas de véritables livrables à fournir. Ensuite, du côté ingénierie, ceux-ci ne peuvent conserver assez de ressources pour appuyer la production des unités lorsque ce service commence la phase de certification, puisque la conception détaillée est terminée.

Ainsi, le SSB devrait être calqué sur le SIB puisque celui-ci représente déjà une gestion de projet. À partir de ce canevas, l'ajustement se fera en fonction de rencontrer les besoins du SMB. De façon générale, il faudra incorporer la préparation de la soumission de l'étape A au sein de la définition du concept et la préparation des différents plans dans la revue de la direction et approbation. Ensuite, l'harmonisation des calendriers stipulée à l'étape B, se retrouvera dans la phase D3 et l'élaboration de la

logistique de production dans la définition détaillée. Aussi, la définition du produit devra tenir compte des processus émanant de la préparation des données techniques. De plus, il faudra regrouper tous les besoins concernant la production de la première unité, les essais et la certification dans la même activité afin d'assurer l'appui de chacun. Finalement, le projet se termine avec le transfert aux opérations courantes et la finalisation du programme de développement.

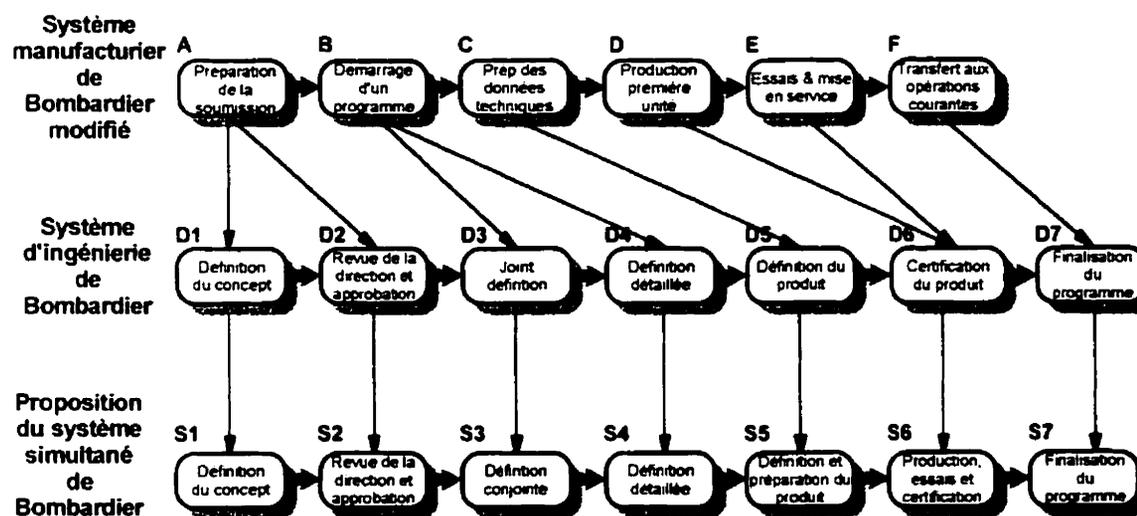


Figure 5.7 - Liens entre les différents systèmes de Bombardier Aéronautique

Toutefois, l'optimisation proposée par l'ingénierie simultanée demeure incomplète malgré la combinaison des deux systèmes de Bombardier. L'élément le plus important est d'amener la simultanéité entre les processus. Ainsi, la conception de la structure doit se terminer en même temps que l'analyse et l'approbation de la

conception, l'élaboration des gammes par méthodes fabrication, la conception de l'outillage, et la programmation numérique, etc. Pour réussir ce tour de force, il faut certainement laisser le temps à la conception de prendre plus de maturité et de définition, et que chaque groupe commence à travailler en fonction de l'information disponible et non pas des livrables complétés. Il est certain que les systèmes informatiques en place supportant chacun des groupes ne permettront pas d'effectuer parfaitement une simultanéité. Par exemple, si le groupe nomenclature n'a pas déterminé les numéros de pièces de chaque composant d'un dessin dans le système informatique, les cahiers de méthodes ne peuvent appeler ces pièces et ne peuvent être approuvés. Par contre, l'agent méthodes peut créer les séquences et les procédés de fabrication, et rattacher à la toute fin la liste de pièces pour faire approuver son cahier.

À la figure suivante, le processus traditionnel versus le processus simultané est présenté. Sur cette figure, on remarque la présence d'un deuxième effort de conception à partir de la fin de l'analyse de conception au sein du processus traditionnel. Ce deuxième effort de conception n'est pas présent au niveau du processus simultané. Entre autre, cet avantage fait réduire le cycle total du développement, malgré le fait qu'on réserve plus de temps à la conception pour que celle puisse faire preuve de plénitude.

En ce qui a trait au processus simultané, il est proposé d'avoir deux niveaux de simultanéité. Le premier étant pour la fabrication des pièces de détail et le deuxième

pour l'assemblage et l'installation. Cette proposition vient du fait qu'il sera difficile d'effectuer la conception complète, de qualité et à temps d'une section d'avion, tout en appuyant les différentes activités au niveau de la production. Ainsi, il est préférable de régler immédiatement les problèmes pouvant survenir en cours de fabrication et que toutes les fonctions fournissent leur appui. Une fois que la fabrication des détails est assurée, on peut concentrer les efforts sur l'assemblage. Il faut remarquer qu'il faut respecter la séquence d'assemblage en tout temps dans ce processus, car il ne faut pas se concentrer sur tous les détails d'une section d'avion, pour ensuite se pencher sur tous les assemblages. Mais plutôt effectuer un processus continu selon la séquence d'assemblage. Ainsi s'intéresser aux détails des assemblages prioritaires, de continuer avec les détails des autres et en parallèle de commencer la conception des assemblages prioritaires.

Processus traditionnel

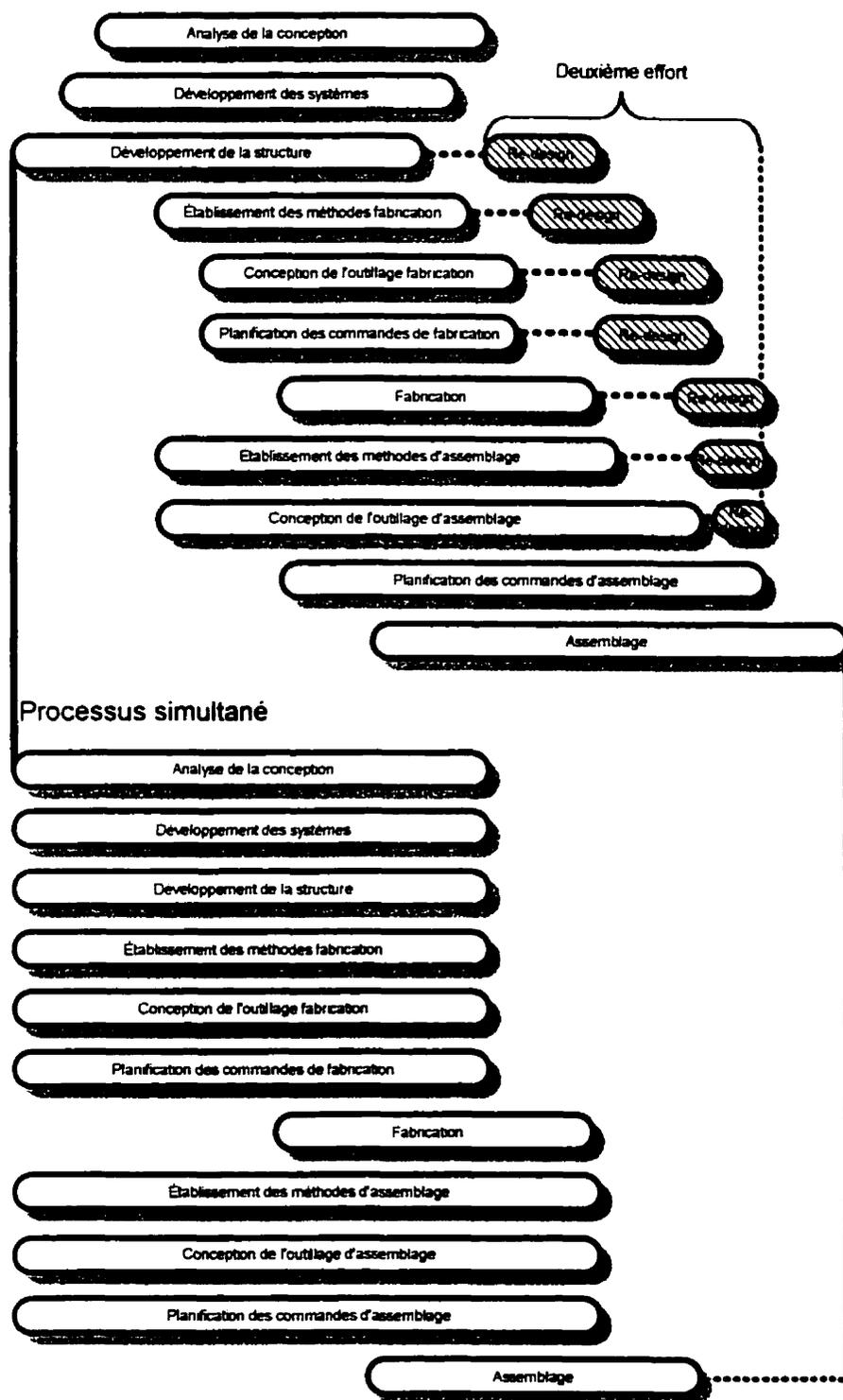


Figure 5.8 - Comparaison entre le processus traditionnel utilisé sur le CRJ 700 et celui simultané proposé

5.3.2 LE SYSTÈME DE SUIVI DES ACTIVITÉS

Une fois que la structure et l'infrastructure sont mises en place, il est important de mesurer la progression des activités pour s'assurer du succès de l'entreprise. Ainsi, après avoir déterminé qu'il fallait créer un seul processus de développement, le système simultané de Bombardier, par exemple, il est évident qu'un seul système de suivi des activités doit être mis en place. Comme il a été mentionné auparavant, sur le CRJ 700, il existait deux systèmes de suivi un pour l'approbation des dessins du côté d'ingénierie et un autre, très complexe, provenant du secteur manufacturier et contrôlant tous les livrables définis dans le système manufacturier de Bombardier.

Dans un contexte d'ingénierie simultanée où on retrouve une simultanée dans les activités et des équipes multidisciplinaires dont les membres sont localisés ensemble, il ne serait pas nécessaire d'avoir deux systèmes différents et complexes pour gérer les activités. Le but premier de ces systèmes est de s'assurer que chaque document a été transmis à la bonne personne à temps. Dans le cas de l'ingénierie simultanée, la bonne personne est assise à côté et il suffit de lui communiquer l'information. Il est certain que, pour s'assurer de l'avancement des travaux, il ne faut pas que compter sur la bonne foi de la communication au sein de l'équipe. Mais au lieu de mesurer la performance par service, il serait préférable d'établir des éléments de mesure par équipe. Par exemple, la conception d'une pièce n'est pas terminée si les dessins et la documentation technique, telle que le cahier méthodes, l'outillage, etc., ne sont pas disponible. C'est-à-

dire qu'on doit mesurer l'effort et le dynamisme fourni par l'ensemble des membres de l'équipe multidisciplinaire.

5.4 LES OUTILS DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Les outils déterminés à la fin du chapitre 1 représentent la base des actions quotidiennes pour les équipes multidisciplinaires. Le plus grand nombre d'outils doit être mis à la disposition de ces équipes pour que celles-ci soient les plus productives possible. Ainsi, les outils de détermination de concept et d'analyses diverses, même s'ils semblent peu connus auprès des employés de Bombardier, ceux-ci s'avèrent extrêmement utiles à tout moment. Donc, des programmes de formation et de distribution d'information devraient être mis en place pour permettre aux employés de connaître ces outils et de se perfectionner. D'ailleurs, avec la tenue d'équipes multidisciplinaires et de la décentralisation de l'information au cours de la conception, le besoin de formation se fait encore plus sentir pour que tous les membres puissent être en mesure de participer activement à la prise de décision.

De plus, l'accent devrait également être mis sur l'incorporation dans la conception des principes du DFM et DFA. Ces deux outils permettent de faciliter l'introduction de nouveaux concepts pour la fabrication et l'assemblage. En étendant ces principes au-delà de considérations manufacturières, la conception peut amener plus

de fiabilité au produit, plus de sécurité, plus de facilité en ce qui concerne la maintenance, etc. De même, en ayant la même orientation générale que l'ingénierie simultanée, l'incorporation des besoins de tous les services dans la conception, ces outils facilitent l'implantation des processus simultanés.

La dernière recommandation concerne l'outil QFD. Cet outil devrait être implanté peu importe le processus de conception utiliser par Bombardier Aéronautique. Ce dernier, affichant une certaine simplicité, permet de véhiculer à l'ensemble des participants d'un projet de conception la voie du client. Ainsi, tout le long de la définition de concept, les équipes de conception doivent toujours se référer à la matrice des besoins qui est graduellement transformée selon l'évolution du produit. Donc, il est important de fonder la conception sur des objectifs précis répondant à des besoins identifiés par les clients et non pas seulement sur des données techniques. Il n'existe qu'un seul moyen indéniable de demeurer compétitif et celui-ci demeure la satisfaction de la clientèle.

CONCLUSION

Afin de répondre à la question, comment faisait-il pour faire apparaître un cheval majestueux à partir d'une simple pierre, le célèbre sculpteur Rodin s'exclama simplement qu'il ne faisait qu'enlever l'excédent autour du cheval. D'ailleurs, le terme conception vient de l'expression élaborée à partir de son imagination. La complexité d'un avion demande énormément d'inventivité, de créativité et un effort extrême de la part de tous les intervenants internes et externes à une organisation lors de sa conception.

Le but de l'ingénierie simultanée n'est pas d'amener à tout prix la performance de la conception, mais bien d'éliminer les irritants, faciliter la communication et de focaliser sur la frénésie générée par la conception d'un nouveau produit. Tout ceci ne peut être atteint sans le désir de chacun de travailler étroitement ensemble et de viser la satisfaction des besoins des clients.

En résumé, la recherche de l'excellence passe par trois objectifs bien précis, la réduction des délais, la diminution des coûts et l'augmentation de la qualité. Toutes les décisions prises dès le début de la conception ont un impact direct sur ces trois objectifs. Donc, il serait important pour Bombardier Aéronautique d'optimiser les moyens de réaliser son développement de produit, car il existe un principe en politique économique stipulant que lorsqu'une entreprise fait des profits et démontre du succès dans un segment de marché, la concurrence va s'amener au galop nivelant la demande. Au

dernier salon aéronautique du Bourget en France, à la mi-juin 1999, la compagnie Embraer a annoncé officiellement le développement d'une nouvelle gamme de produit, des avions à réaction de 70, 98 et 108 places, totalisant un investissement de 850 millions de dollars américains. Cette compagnie tente ainsi de damer le pion à Bombardier Aéronautique puisque cette dernière ne prendra pas de décision officielle pour la conception d'avions de 88 et 108 places avant automne 1999 ou hiver 2000. Par contre, Embraer, en voulant commencer par l'avion de 70 passagers, confère un avantage à Bombardier Aéronautique; son avion de 70 places est déjà entré dans la phase essai en vol. Ainsi, Bombardier Aéronautique démontre une avance de deux à trois ans sur sa concurrence, incluant Fairchild Aerospace du Texas qui désire également entrer dans ce segment de marché.

Donc, l'avenir pour Bombardier Aéronautique promet beaucoup d'actions. Surtout qu'en prévoyant un avion autour de 100 passagers, cette compagnie va entrer dans les lignes majeures, s'approchant de concurrents féroces tel que Boieng.

Afin d'aider à rencontrer ce but, ce document présente les prémisses nécessaires à l'implantation de l'ingénierie simultanée. Tout d'abord l'analyse de la culture de Bombardier réalisée au cours du troisième chapitre démontre les points faibles à améliorer, tels que la gratification pour le rendement et la tolérance quant au risque, et les points forts sur lesquels s'appuyer tels que l'identité des employés face à l'entreprise et la tolérance quant aux conflits. Ensuite, l'observation du déroulement d'un projet

actuel de conception, concrétisé au chapitre 4, permet d'effectuer le lien entre l'approche actuelle de Bombardier et l'ingénierie simultanée. Les données fournies par ces expérimentations sont analysées avec les recommandations amenées au cinquième chapitre. Sommairement, l'approche utilisée par Bombardier ressemble beaucoup plus à l'approche traditionnelle d'effectuer la conception que de l'ingénierie simultanée. Par contre, la tendance observée recherche de plus en plus une conception intégrée en équipe. Il est certain qu'un projet pilote serait nécessaire pour analyser l'impact réel sur la compagnie d'implanter l'ingénierie simultanée. Malgré tout, il a déjà été remarqué que la tendance d'effectuer la conception de plus en plus intégrée amenait des bénéfices certains. Toutefois, le défi demeurera toujours le-même, bien faire la première fois.

BIBLIOGRAPHIE

(1922). Garrett Engine Develops the T800. Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Bakerjian R. SME, vol.6, pp.A11-A15.

(1994 April 18). Hamilton Standard Takes Top Honors in Concurrent Engineering Competition, Machine Design, pp.18-24.

ALBIN, S.L. et CREFELD III, P.J. (1994). Getting Started : Concurrent Engineering for a Medium-sized Manufacturer. Journal of Manufacturing System, vol.13, No.1, pp.48-58.

ASHLEY, S. (1990 November). The Battle to Build Better Products. Mechanical Engineering, pp.34-38.

BAKER, B.S. et CARTER, D.E. (1992). Concurrent Engineering : The Product Development Environment for the 1990s, Addison-Wesley Publishing, 176 pages.

BARTZ, D. et FIELDS, M. (1992). Creating a Concurrent Engineering Environment to Enhance Supportability of the F/A- 18E/F Aircraft. Conference Paper : Conference Record AUTOTESTCON 1992, pp.307-312.

BERGERON, P.G. (1986). La gestion dynamique : concepts, méthodes et applications, Gaëtan Morin éditeur, 932 pages.

BROWN, P.G. (1991 March/April). QFD : Echoing the Voice of the Customer, AT&T Technical Journal, pp.18-32.

CAMBRON, M. (1987 August 21). Innovation at Spar Aerospace Limited : A Exploration Survey and Analysis, Concordia University, 176 pages.

CHANLAT, J.F. et SÉGUIN, F. (1987). L'analyse des organisations : une anthologie sociale – tome II les composantes de l'organisation, Gaëtan Morin éditeur, 508 pages.

CLAUSING, D. (1994). Total Quality Development : A Step-by-step Guide to World-class Concurrent Engineering, ASME Press, 507 pages.

COATES, M. (1993 June). LA Chapter Hears How Teamwork Works at Chrysler. SOCE News, pp.4-5.

COHEN, L. (1995). Quality Function Deployment – How to make QFD work for you, Addison-Wesley Publishing Company, 348 pages.

COLIN, M., DELISLE, M., LAVOIE, P., MONTREUIL, C. et PAYETTE, G. (1995). Initiation aux méthodes quantitatives en sciences humaines - 2^o édition, Gaëtan Morin éditeur. 383 pages.

CROW, K.A. (1994 June). Implementing Concurrent Engineering : Management Leadership. SOCE News, pp.4-5.

DAUES, J. et MEEKER, J.L. (1993 June). Keeping Ahead of the CAD/CAM Curve. Aerospace America, pp.20-27.

DAVIS, T.A. et TRAPP, G. (1991 November 11-14). Advancing Concurrent Engineering Using STEP* . Proceedings – CALS EXPO'91, pp.CE82-CE89.

DEUTCH, P.B., PRATT, M.K. (1993). Application of Concurrent Engineering to Hi-tech Product Realization. Advances in Design Automation, Vol.1, pp.43-49.

DONG, J., PARSAEI, H.R. et LEEP, H.R. (1996). Manufacturing Process Planning in a Concurrent Design and Manufacturing Environment. Computers Industrial Engineering, No.1, pp.83-93.

DRANSFIELD, J. (1994). **Design for Manufacturability at Northern Telecom, Successful Implementation of Concurrent Engineering Products and Processes**, Van Nostrand Reinhold, pp.137-149.

ETTLIE, J.E. et STOLL, H.W. (1990). **Managing the Design – Manufacturing Process**, McGraw-Hill, 285 pages.

FITZPATRICK, D.A. (1994). **Working Together to Produce Boeing's New 777 Airplane Family. Design for Manufacturing**, American Society of Mechanical Engineers Satellite Broadcast.

FOREMAN, J.W. (1990). **Gaining Competitive Advantage by Using Simultaneous Engineering to Integrate your Engineering Design and Manufacturing Resource. Simultaneous Engineering: Integrating Manufacturing and Design**, Society of Manufacturing Engineering, pp.14-16.

GARRETT, R.W. (1990 November). **Eight Steps to Simultaneous Engineering. Manufacturing Engineering**, pp.41-47.

GATENBY, D.A. et autres (1994 Januray/February). **Concurrent Engineering : an Enabler for Fast, High-quality Product Realization. AT&T Technical Journal**, pp.34-47.

GORDON, F. et ISENHOUR, R. (1990). Simultaneous Engineering. Simultaneous Engineering : Integrating Manufacturing and Design, Society of Manufacturing Engineering, pp.14-16.

HAUSER, J.R. et CLAUSING, D. (1988 May-June). The House of Quality. Harvard Business Review, pp.63-73.

KAY, B.F. (1993 April). Comanche Air-frame Design the PDT Approach. Aerospace America, pp.22-23.

KEWLEY, S.A. et KNODLE, M.S. (1993 April). CE at General Dynamics. Aerospace America, pp.34-38.

LA BAUVE, L. et MARIETTA, M. (1991 November 11-14). Lessons learned in the Implementation of Concurrent Engineering. Proceedings – CALS EXPO'91, pp.CE43-CE46.

LAWSON, M. et KARANDIKART, H.M. (1994). A Survey of Concurrent Engineering. Concurrent Engineering : Research and Applications, vol.2, pp.1-6.

MACKEY, W.A. et CARTIER, J.C. (1994 June). Measure the Steps to Success. IEEE Spectrum, pp.33-38.

- MADDUX, G.A., MARTIN, P. et FARRINGTON, P.A. (1994 September). Paving the Way for Concurrent Engineering. Industrial Engineering, pp.50-52.
- MAIN, J. (1992 April 20). Betting on the 21st Century Jet. Fortune, pp.102-116.
- MANTON, S.M. (1991 November 11-14). Concurrent Engineering : The Wave of the Futur. Proceedings – CALS EXPO'91, pp.CE1-CE5.
- MASS, L. (1993 May 10). Risk Reduction Critical to F414 Development. Aviation Week & Space Technology, pp.52-53.
- MILBERRY, L. et PICKLER, R. (1995). Canadair : cinquante ans d'histoire. CANAV, 392 pages.
- MORGAN, G. (1989). Images de l'organisation, Les Presses de l'Université Laval et les éditions ESRA, 556 pages.
- NICHOLAS, J.M. (1994 third quarter). Concurrent Engineering : Overcoming Obstacles to Teamwork. Production and Inventory Management Journal, pp.18-22.
- NICKELSON, D. et BELSON, D. (1991 November 11-14). Measuring the Economic Impact of Concurrent Engineering. Proceedings – CALS EXPO'91, pp.CE28-CE35.

OUELLET, A. (1994). Processus de recherche : une introduction à la méthodologie de la recherche, Presses de l'Université du Québec, 2^e édition, 216 pages.

OWEN, J.V. (1992 November). Concurrent Engineering. Manufacturing Engineering, pp.69-73.

PALMER, Bruce, "Measuring the Concurrent Engineering Process", Proceedings – CALS EXPO'91, November 11-14, 1991, pp.CE67-CE75.

SATER-BLACK, K. et IVERSEN, N. (1994 March). How to conduct a Design Review. Mechanical Engineering, pp.89-92.

SAWYER, C.A. (1993 March). Saturn's Synchronous Engineering. Automotive Industries, pp.36-37.

SEKARAN, U. (1994). Research Methods for Managers : Skill-building Approach, John Wiley and Sons, 336 pages.

SKYSCRAPER PRODUCTIONS (1995). 21st-Century Jet – the building of the 777, Channel Four Televisions Company Ltd.

SHIFRIN, C.A. (1996 May 20). New Aircraft Orders Lag Brisk Pace of Traffic Growth. Aviation Week & Space Technology, pp.56-58.

SHINA, S.G. (1992). Concurrent Engineering and Design for Manufacture of Electronic Products, Van Nostrand Reinhold, 335 pages.

SHINA, S. (1994). Concurrent Engineering in New Products and Processes. Successful Implementation of Concurrent Engineering Products and Processes, Van Nostrand Reinhold, pp.1-15.

SIEGAL, B. (1991 December). Organizing for Concurrent Engineering. Industrial Engineering, pp.2-3.

SIMMS, R. (1993 April). CE : Engineering a Change in the Design Process. Aerospace America, pp.17-21.

SPROW, E.E. (1992 April). Chrysler's Concurrent Engineering Challenge. Manufacturing Engineering, pp.35-42.

STEWART, D. (1993 May 13). Concurrent Developments Puts Project on Target. Electronic Design, V.41, pp.61-65.

STOLL, H.W. (1990). Design for Manufacture. Simultaneous Engineering : Integrating Manufacturing and Design, Society of Manufacturing Engineering, pp.23-29.

TAKEUCHI, A. et YOSHIMURA, M. (1993). Concurrent Optimization of Product Design and Manufacturing Coping with Demand Variability. Advances in Design Automation, Vol.1, pp.65-74.

THURMOND, R.C. et KUNACK, D.V. (1990). Assessing the Development/Production Transition. Simultaneous Engineering : Integrating Manufacturing and Design, Society of Manufacturing Engineering, pp.34-49.

WALKLET, R.H. (1989 October). Continuous Improvement and Simultaneous Engineering. Automotive Engineering, pp.59-63.

ZELENAK, S., RIDENOUR, M.A. et TROXELL, dr W.O. (1994). A Team Approach to Concurrent Engineering : A Case Study. Successful Implementation of Concurrent Engineering Products and Processes, Van Nostrand Reinhold, pp.65-87.

ZIEMKE, C.M. et SPANN, M.S. (1991). Warning : Don't be Half-hearted in your Efforts to Employ Concurrent Engineering. Industrial Engineering, pp.45-49.

ANNEXE 1

MODÈLE DÉTAILLÉ DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	250
CHAPITRE 1 - ÉLÉMENTS DE L'ENVIRONNEMENT.....	252
1.1 L'environnement de l'ingénierie simultanée.....	252
1.2 Élaboration de différentes approches.....	254
1.2.1 L'approche traditionnelle.....	254
1.2.2 L'approche matricielle.....	257
1.3 Définition de l'ingénierie simultanée.....	259
1.4 Bénéfices de l'ingénierie simultanée.....	262
CHAPITRE 2 – PRÉPARATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE.....	269
2.1 Le support de la haute direction.....	269
2.2 Intégration de l'ingénierie simultanée avec la stratégie globale.....	274
2.3 La culture de l'entreprise.....	275
CHAPITRE 3 - DÉFINITION DE LA STRUCTURE DU GROUPE DE DÉVELOPPEMENT SIMULTANÉ.....	280
3.1 La structure générale.....	280
3.2 Les équipes multidisciplinaires.....	284
3.2.1 La composition des équipes multidisciplinaires.....	284
3.2.2 Facteurs de réussite.....	287
3.2.3 La communication.....	290
3.2.4 La prise de décision.....	292
3.2.5 Les obstacles.....	293
3.3 Le chef d'équipe.....	294
3.3.1 Ses habiletés.....	294
3.3.2 Ses responsabilités.....	295
3.4 Les équipes de gestion des systèmes.....	297
3.5 L'équipe d'intégration.....	297
3.6 Le comité directeur.....	298
3.7 La haute direction.....	299
CHAPITRE 4 - DÉVELOPPEMENT DE L'INFRASTRUCTURE.....	300
4.1 L'implantation de l'ingénierie simultanée.....	300
4.2 Déroulement du programme structuré.....	301
4.2.1 L'initiation.....	302
4.2.2 La définition.....	303
4.2.3 La préparation.....	306
4.2.4 Le développement.....	311

4.2.5 La finalisation.....	315
4.3 Le système de contrôle.....	316
4.3.1 Les projets hors cibles.....	316
4.3.2 La procédure des barrières.....	317
4.3.3 L'insertion des événements ou des ateliers.....	322
4.3.4 Le déroulement des réunions.....	323
4.3.5 Les éléments de mesure.....	326
4.3.5.1 Les délais.....	326
4.3.5.2 Les coûts.....	331
4.3.5.3 La qualité du système de conception.....	337
CHAPITRE 5 - LES OUTILS DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE.....	341
5.1 Outil d'aide à la décision.....	341
5.1.1 Le processus de sélection de concepts de Pugh.....	341
5.2 Outils d'analyses.....	346
5.2.1 Analyse de défaillance.....	346
5.2.2 Arbres de fonctionnalité (Functional Trees).....	347
5.2.3 Arbres d'anomalies (Fault Trees Analysis).....	348
5.2.4 Analyse des causes et effets des défaillances (Failures Modes & Effects Analysis).....	349
5.3 Outils de développement.....	350
5.3.1 Intégration des besoins manufacturiers dans la conception (DFM, DFX, DFA).....	350
5.3.2 Modélisation numérique.....	362
5.3.2.1 La conception assistée par ordinateur (CAO).....	362
5.3.2.2 Automatisation de l'établissement des méthodes de production.....	366
5.4 Outil d'intégration.....	369
5.4.1 Déploiement de la fonction qualité (QFD).....	369
CHAPITRE 6 – LEÇONS DE L'EXPÉRIENCE DE BOEING.....	381

CHAPITRE 1 - ÉLÉMENTS DE L'ENVIRONNEMENT

1.1 L'ENVIRONNEMENT DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Avec la mondialisation des marchés, la concurrence augmente et devient plus agressive, tout en considérant le fait que certains concurrents réussissent à développer leurs produits de façon plus efficace. Dans l'industrie automobile (Shina, 1992), par exemple, les Japonais mettent deux fois moins d'efforts que les Américains pour concevoir une automobile, tout en la développant en moins de temps (voir tableau 1). De plus, dans le tableau 2, nous pouvons remarquer que les efforts ne sont pas répartis de la même façon entre les compagnies britanniques et japonaises dans l'industrie automobile. Ces constatations peuvent être expliquées par le fait que ces derniers n'ont pas besoin de créer une discipline telle que l'ingénierie simultanée pour intégrer toutes les ressources de l'entreprise et bâtir un esprit d'équipe (Ziemke et Spann, 1991) afin d'améliorer leur façon de concevoir leurs produits; cette caractéristique est présente dans leur culture d'entreprise, c'est-à-dire dans leur façon d'effectuer quotidiennement la conception.

Tableau 1.1 – Comparaison entre l'industrie automobile japonaise et américaine

Comparaison entre l'industrie automobile japonaise et américaine		
	Japonais	Américains
Temps de conception par modèle (mois)	47	60
Effort de conception par modèle (homme-heure)	1.7	3.0
Périodes de remplacement moyen par modèle (années)	4.2	9.2

Tableau 1.2 – Comparaison entre l'industrie automobile japonaise et britannique

Comparaison entre l'industrie automobile japonaise et britannique		
	Japonais	Britanniques
Conceptualisation et définition	66%	17%
Conception	24%	33%
Changements	10%	50%

Cette situation entraîne un rétrécissement général dans le cycle de vie des produits (Thurmond et Kunack, 1990), puisqu'on retrouve une amélioration continue des produits sur le marché. Cela amène une diminution du temps disponible pour développer un produit et pour effectuer des changements d'ingénierie. Enfin, le nombre de produits que les entreprises doivent développer durant un certain temps, doit augmenter afin qu'elle puisse rester compétitive.

Un dernier point peut être soulevé avec cette internationalisation, est que les clients ont accès à une plus grande variété de produits. Ainsi, il ne faut pas sacrifier la qualité du produit en désirant les développer plus rapidement et à un moindre coût. Au contraire, il faudrait s'assurer que les besoins des clients influencent directement la définition du produit, son design, la façon de le fabriquer, son service après-vente (Brown, 1991), dans le but d'accéder facilement au marché ciblé et d'acquérir une place enviable.

1.2 ÉLABORATION DE DIFFÉRENTES APPROCHES

1.2.1 L'APPROCHE TRADITIONNELLE

Afin de rendre plus efficaces les entreprises en pleine croissance, depuis la révolution industrielle, il s'est avéré nécessaire de créer des sous-groupes au sein des entreprises (Ziemke et Spann, 1991). Ces séparations ont pris généralement la forme de départements reflétant les fonctions essentielles au bon déroulement du cycle de vie d'un produit, de sa conception jusqu'au service après-vente, d'une façon taylorienne. Cette approche traditionnelle également appelée approche séquentielle ou en série est représentée graphiquement à la figure 1. Ce graphique provient d'une intégration de deux figures, c'est-à-dire la première qui décrit l'approche traditionnelle du

développement d'un produit (Brown, 1991) et la deuxième qui démontre le cercle de communication dans les entreprises (Clausing, 1994).

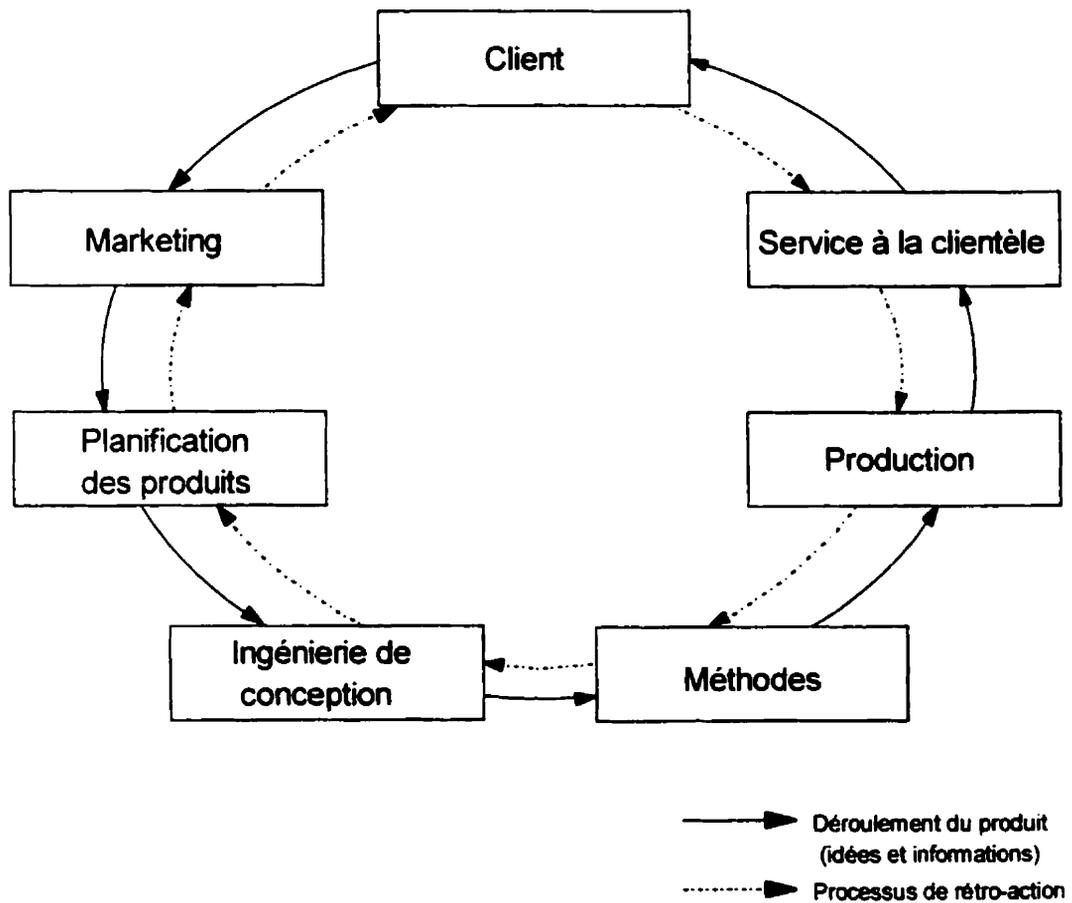


Figure 1.1 – L'approche traditionnelle

En contrepartie, cette approche amène des problèmes à long terme. En séparant les différentes fonctions pour augmenter leur efficacité individuelle, des barrières

s'érigent naturellement ou même géographiquement entre les départements. La diminution de communication qui en résulte, entraîne les groupes à développer leurs propres méthodes et leurs propres idées (Brown, 1991). Un langage émerge pour chacune des fonctions et il en résulte une faible compréhension commune. Le système de récompense reflète généralement cet état, car celui-ci valorise la performance individuelle du groupe et des gens qui y travaillent, entraînant immanquablement l'individualisme. Alors, afin d'être bien perçus par leur supérieur, les gens prennent de moins en moins de risques (Walklet, 1989), ce qui hypothèque la créativité et dilue l'initiative.

De plus, ce manque de communication entre les différents départements entraîne une attention inadéquate sur le produit (Brown, 1991), c'est-à-dire que les caractéristiques du produit s'éloignent des besoins des consommateurs. Ceux-ci sont véhiculés en terme de tolérances et non pas en terme de cible à atteindre, d'utilisations faites par les consommateurs. Durant la conception, l'emphase va être mise sur la satisfaction de ces tolérances et non pas sur les caractéristiques fonctionnelles désirées, ou même sur la façon dont ce design va être fabriqué. Car la majorité des designs vont subir en moyenne trois itérations (Ettlie et Stoll, 1990) après avoir été complétés afin de satisfaire certains critères requis pour l'acceptation finale du design: la première pour s'assurer du fonctionnement du produit, la seconde pour considérer les particularités de la fabrication du produit et finalement pour se préoccuper de la réduction des coûts.

En résumé, la documentation des projets passe d'un département à l'autre dans un processus appelé "par-dessus la barrière" (*over the wall*) (Deutsch et Pratt, 1993), où les gens travaillent sur les documents selon les requis de leur département et puis les passent "par-dessus la barrière" à l'autre groupe. De cette façon, les projets sont dépersonnalisés et personne n'est responsable spécifiquement d'un projet particulier (Albin et Crefeld III, 1994), puisque plusieurs personnes peuvent travailler sur le même. Donc, chacun peut toucher à plusieurs projets à la fois et les projets peuvent être, ainsi, facilement retardés.

On retrouve alors une tendance à éteindre les feux, c'est-à-dire à résoudre les problèmes au lieu de tenter de les prévenir (Clausing, 1994). En perpétuant cette attitude, l'approche traditionnelle néglige continuellement de s'améliorer. Par conséquent, le produit final n'est pas optimal pour le marché ciblé (Ziemke et Spann, 1991) et le coût du produit augmente afin de corriger ces insuffisances.

1.2.2 L'APPROCHE MATRICIELLE

L'approche matricielle est une combinaison de structure fonctionnelle et une structure de projets (Morgan, 1989). Cette organisation prend la forme d'une matrice où l'on retrouve les éléments fonctionnels spécialisés comme les départements d'ingénierie de systèmes, mécanique, par exemple (Shina, 1994), sur une colonne et sur une rangée

les équipes de projet. Les individus de différents groupes sont alors regroupés et travaillent dans un but commun, c'est-à-dire la réalisation d'un projet, ce qui ouvre la voix aux équipes multidisciplinaires. Toutefois, chaque personne prenant place dans cette structure, doit conserver ses fonctions normales dans l'organisation.

Cette approche permet de pallier certaines critiques faites à l'approche précédente. Tout d'abord, elle diminue les barrières entre les groupes spécialisés et par le fait même augmente la communication. Elle permet également de fusionner les compétences de chacune des spécialités fonctionnelles afin d'améliorer la coordination des efforts, ce qui engendre une maximisation dans l'utilisation des ressources. Et finalement, un meilleur suivi est effectué autant au niveau des délais que des coûts, puisque le chargé de projet est responsable de son propre projet.

Cependant, certains problèmes apparaissent avec l'utilisation de cette structure et d'autres restent semblables à l'approche séquentielle. En premier lieu, vu le double rôle que doit occuper un même individu, des conflits peuvent surgir afin de satisfaire la loyauté et les responsabilités envers la fonction ou le projet. Ensuite, la majorité des projets sont initiés afin de rencontrer une tendance technologique¹, ce qui tend à isoler la compagnie de ses clients. Généralement, le pouvoir décisionnel réside entre les mains du directeur de projets, ce qui décourage la créativité et l'initiative au sein de l'équipe. Finalement, la communication directe peut être limitée lorsque toutes les décisions

interdisciplinaires sont négociées à travers le chargé de projet et non pas directement entre les membres de l'équipe¹.

1.3 DÉFINITION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Les approches décrites précédemment laissent place à de l'amélioration. Toutefois, l'approche matricielle nous amène vers la voie d'équipes formées de différents intervenants spécialisés, vers un meilleur contrôle lors du développement d'un produit et une maximisation des ressources. Par contre, l'ingénierie simultanée qui est une philosophie d'entreprise, beaucoup plus qu'une structure formelle, vient optimiser les ressources en intégrant l'expérience et les connaissances des intervenants des équipes multidisciplinaires vers la conception d'un produit selon un programme structuré et à l'aide d'outils appropriés, afin de satisfaire un segment de marché bien ciblé.

La définition proposée est composée de deux documents officiels. La première partie a été soumise dans l' "*Internal CERC report*" par M. Cleetus et M. Wood (Davis et Trapp, 1991) et la deuxième provient d'une partie de la définition de l'IDA (*Institute for Defense Analyses*) dans son rapport IDA R338 "*The Role of Concurrent Engineering in Weapons Systems Acquisition*" (Palmer, 1991):

¹ Au lieu de considérer les besoins et les exigences du client afin d'être plus compétitifs.

“Concurrent Engineering is a systematic approach to integrated product development, that emphasizes response to customer expectations and embodies team values of cooperation, trust, and sharing in such a manner that decision making proceeds with large intervals of parallel working by all life-cycle perspectives, synchronized by comparatively brief exchanges to produce consensus.”

“This approach is intended to cause the developers, from the outset, to consider all elements of the product life cycle from conception through disposal, including quality, cost, schedule, and user requirements.”

Tableau 1.3 – Les dix+1 commandements de l'ingénierie simultanée

Les dix +1 commandements de l'ingénierie simultanée

1. Création d'équipes multidisciplinaires.
 2. Améliorer la communication avec les clients et les utilisateurs.
 3. Intégrer la fabrication dans la conception et effectuer le processus de développement de façon simultanée.
 4. Intégrer les fournisseurs le plus tôt possible dans le processus.
 5. Incorporer l'expérience acquises par les programmes précédents.
 6. Créer un produit de façon digitalisé.
 7. Intégrer des outils de conception à l'aide de l'ordinateur avec le produit digitalisé.
 8. Effectuer des simulations pour évaluer la performance du produit.
 9. Simuler le procédé de fabrication.
 10. Améliorer continuellement le processus.
 11. Intégrer des revisions techniques.
-

De plus, le concept de l'ingénierie simultanée peut-être décomposé en trois parties principales. La première se résume par la structure organisationnelle, c'est-à-dire la composition des différents groupes, comme les équipes multidisciplinaires, le comité

¹ Puisque ceux-ci ne peuvent alors prendre aucune décision importante et doivent attendre une approbation

directeur, par exemple, et la définition de leurs rôles et responsabilités. La seconde consiste en un programme structuré autant au niveau du déroulement quotidien de l'ingénierie simultanée, que de la préparation pour amener cette approche ou de la contrôler. La dernière section représente simplement les outils nécessaires à chacun des membres afin de faciliter grandement le déroulement de cette philosophie. Cette démarche est exhibée au tableau 3 (Simms, 1993), les dix +1 commandements de l'ingénierie simultanée. Ce tableau provenant de la firme de consultation Martin Marietta, décrit en détail les requis pour un déroulement efficace de l'ingénierie simultanée. De plus, l'intégration des trois aspects mentionnés est représentée à la figure 2, dont la base provient d'une illustration conceptuelle de l'ingénierie simultanée

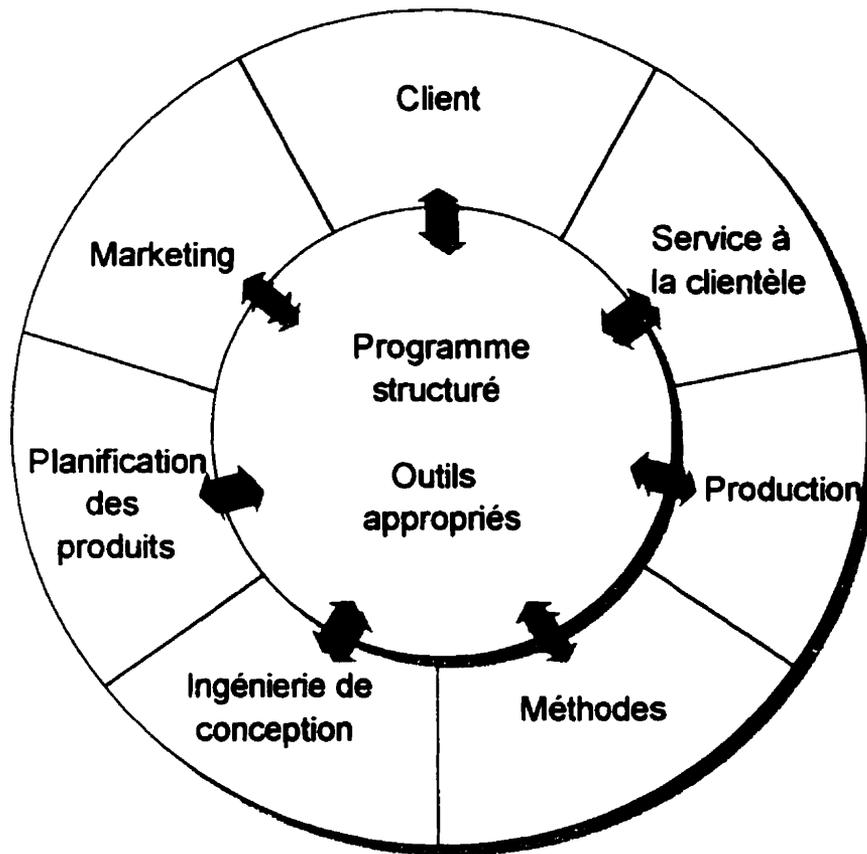


Figure 1.2 – Représentation schématique des activités de l'ingénierie simultanée

1.4 BÉNÉFICES DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Jusqu'à maintenant nous avons démontré pourquoi il fallait changer l'approche pour le développement des produits et défini l'ingénierie simultanée. Cette section porte

sur la motivation pour utiliser l'ingénierie simultanée. En regardant le tableau 4¹, nous retrouvons les bénéfices que certaines compagnies ont enregistrés en utilisant l'ingénierie simultanée. Ces différents bénéfices sont facilement explicables et sont intimement liés à la façon dont un produit est conçu lors de son développement.

Tableau 1.4 – Bénéfices reliés à l'ingénierie simultanée

Bénéfices reliés à l'ingénierie simultanée	
	Réduction de
Temps de développement	30 à 50%
Temps d'introduction du produit	20 à 90%
Nombre de changements d'ingénierie	60 à 95%
Nombre de rebuts et de pièces retravaillées	75%
Nombre de défauts	30 à 85%
Coûts durant le cycle de vie du produit	15 à 50%
	Amélioration de
Productivité du groupe de développement	20 à 110%
Qualité globale	100 à 600%
Retour sur actifs	20 à 120%

Tout d'abord, les délais globaux, comme le temps de développement et d'introduction d'un produit, liés au processus de conception d'un produit sont diminués en utilisant l'ingénierie simultanée, ce qui améliore la productivité du groupe. Ce phénomène s'explique par la coordination en parallèle des activités des différentes

¹ Le tableau 3 vient d'une combinaison de données prises dans la littérature (Lawson et Karandikart, 1994;

fonctions au cœur d'une équipe multidisciplinaire (voir la figure 3)¹, c'est-à-dire de façon concurrente, simultanée (Gatenby et autres, 1994). Ainsi, les altérations successives affectant le design pour accommoder les différents facteurs, vus à la section 1.2.1. se retrouvent considérablement diminuées (Deutsch et Pratt, 1993).

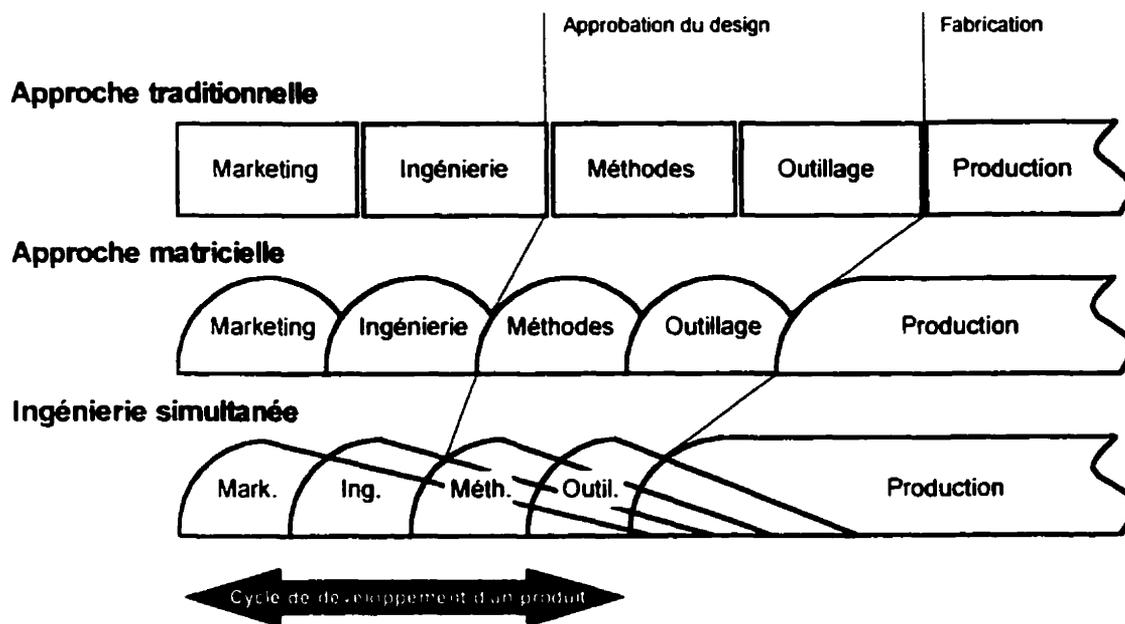


Figure 1.3 – Comparaison entre les différentes approches de développement

Ensuite, avec la communication constante parmi les équipes multidisciplinaires, les problèmes et les risques potentiels sont identifiés le plus tôt possible pour qu'ils

¹Gatenby et autres, 1994).

soient évalués en commun et pris en considération lors du développement. Chaque discipline prend ainsi un rôle actif au milieu du groupe (Gordon et Isenhour, 1990). Cet environnement de travail permet d'obtenir une information plus complète, une créativité de groupe lorsque ceux-ci peuvent prendre les décisions appropriées, et élimine significativement les barrières interdépartementales (Foreman, 1990). Cela a pour effet de diminuer le nombre de changements d'ingénierie, de pièces retravaillées, de rebuts et de défauts, tout en permettant une amélioration, par le fait même, de la qualité du produit et également de la productivité globale du groupe.

De plus, tout en considérant l'augmentation de la qualité du produit grâce aux déterminants décrits précédemment, la communication entre les départements fait en sorte que les besoins du client sont amenés directement au sein du groupe de développement (Takeuchi et Yoshimura, 1993), ce qui optimise cette qualité:

“Even if the needs of users are investigated, the information concerning needs become useless when the information is not quickly feedback to the product designers.”

Finalement, la réduction des coûts de développement provient non seulement de la réduction du délai global et de l'amélioration de la qualité du design, mais aussi de

¹ Cette figure est pour démontrer la réduction du temps de cycle du développement d'un produit en

trois caractéristiques intrinsèques au design. Premièrement, selon Don Clausing (Gatenby et autres, 1994), les coûts liés aux changements d'ingénierie augmentent communément d'un facteur de 10 lorsque ces changements sont insérés dans une étape du développement tout en la comparant à la précédente (voir figure 4). Ainsi avec les efforts réguliers des équipes multidisciplinaires, en limitant les itérations du design, les coûts sont manifestement diminués.

Les coûts reliés aux changements

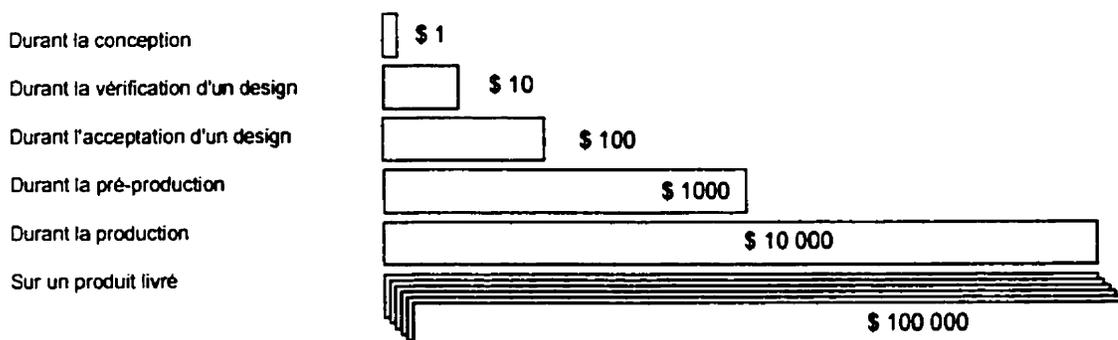


Figure 1.4 – Augmentation des coûts de changements d'un facteur de 10 pour chaque étape

Deuxièmement, les coûts attribués au cycle de développement d'un produit sont séparés en trois sections (Bartz. et Fields, 1992), selon le "*Defense System Management*

général (Gordon et Isenhour, 1990).

*College*¹ (voir le tableau 5). Tout le système attribué au processus de conception entraîne la majeure partie des coûts d'opération et de support. En rendant, donc, ce système plus efficace grâce à l'ingénierie simultanée, les coûts de développement sont considérablement réduits.

Tableau 1.5 – Pourcentage relié aux coûts de développement d'un produit

Pourcentage relié aux coûts de développement d'un produit	
Recherche et développement	10%
Coûts de production	30%
Coûts d'opération et de support	60%

Finalement, la communication transmise et les efforts effectués par le groupe multidisciplinaire et décrits précédemment, doivent être entrepris le plus tôt possible au cours du développement d'un produit. Dans une étude britannique réalisée dans l'industrie aéronautique (Ashley, 1990), il a été spécifié que:

"80 percent of product manufacturing costs are committed during the first 20 percent of the design process... it makes more sense to improve industry's engineering design practices."

¹ Ces données proviennent des programmes typiques du "Department of Defense" des États-Unis.

En résumé, les entreprises ne peuvent passer à côté de l'ingénierie simultanée sans regarder attentivement tous les bénéfices que cette approche peut engendrer. Et, de moins en moins, les compagnies peuvent se permettre de continuer selon l'approche traditionnelle, sinon elles vont perdre assurément leur part de marché au niveau mondial. Même en conservant ou en utilisant l'approche matricielle, ce qui projette déjà un avantage concurrentiel sur l'approche traditionnelle, car elle maximise la coordination de certaines spécialités, elle ne permet pas d'optimiser toutes les différentes ressources de l'entreprise.

L'ingénierie simultanée s'avère, donc, une solution souhaitable à long terme. Par contre, son implantation n'est pas facile, ni assurée. Le risque est relativement élevé pour implanter cette approche. Car il faut considérer les investissements qui sont considérables afin d'amener les gens à travailler conjointement et d'harmoniser leur environnement. De plus, les résultats ne sont pas garantis, car il faut mettre en place une structure organisationnelle et un programme structuré adéquat aux particularités de l'entreprise, tout en procurant les outils appropriés à chacun des membres de la structure. Seuls les efforts constants de tous les niveaux d'une compagnie vers la réalisation d'un déroulement efficient de l'ingénierie simultanée peuvent assurer son implantation et procurer une rentabilité à long terme.

CHAPITRE 2 - PRÉPARATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

2.1 LE SUPPORT DE LA HAUTE DIRECTION

“Il y a de gros risques à effectuer les choses différemment (traduit par l’auteur).”, annonçait dernièrement Dean Thorton, président du groupe d’avions commerciaux de Boeing, dans un article sur l’implantation de l’ingénierie simultanée chez Boeing Co. (Main, 1992). Car l’implantation de l’ingénierie simultanée n’est pas assurée et elle doit être préparée avec soin. Un des premiers atouts pour garantir le succès du processus de son implantation ou de son déroulement, se révèle être l’implication dynamique de la haute direction.

Sans l’appui de la haute direction pour un projet, celui-ci n’a aucune chance de subsister. Dans le cas de l’ingénierie simultanée, la haute direction doit donner plus que son approbation, elle doit s’engager dans le processus d’implantation (Crow, 1994), car il est question de transformer la culture de l’entreprise pour optimiser le cycle de développement des produits. Dans le cas contraire, en exhalant l’impression que l’implantation de l’ingénierie simultanée est une autre lubie (Gatenby et autres, 1994) ou en ne la considérant pas comme une des priorités de la compagnie, les employés ne comprendront pas l’intérêt de déployer les efforts nécessaires pour l’implantation puisque ces efforts ne seront aucunement considérés, en particulier si l’attention de la

direction est dirigée vers d'autres sphères d'activités. Ainsi, l'engagement se révèle être beaucoup plus qu'une apparition publique ou effectuer un discours verbal aux employés de la compagnie, c'est une implication quotidienne que l'on peut remarquer dans des actions énergiques et dans des décisions cohérentes afin d'éviter les pièges d'une implantation statique (Clausing, 1994). Autrement dit, en optant pour une des quatre stratégies représentées à la figure 5 et sans le support constant de la haute direction pour les intégrer, un projet d'implantation est voué à l'échec.

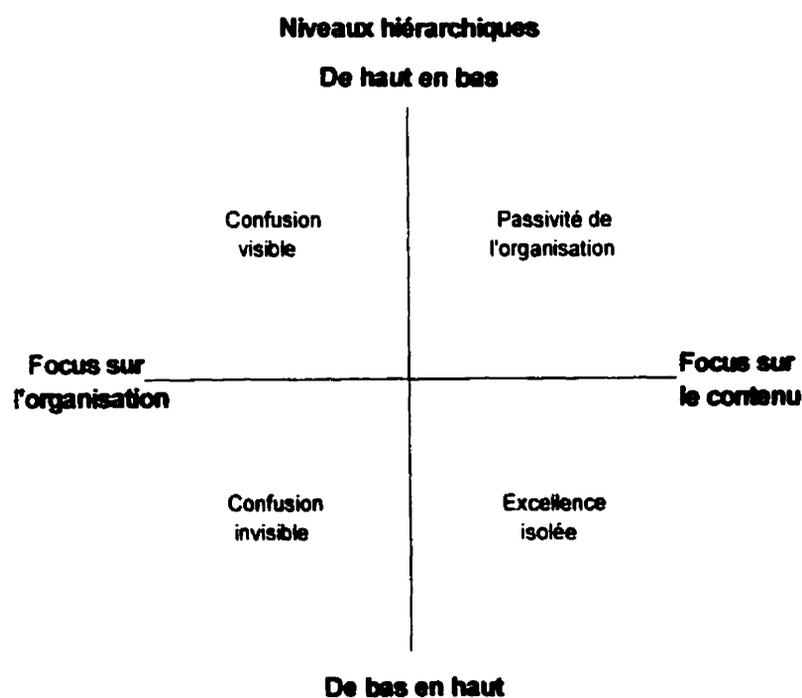


Figure 2.1 – Pièges d'une implantation statique

Le premier quadrant définit le problème de l'excellence isolée, c'est-à-dire que sans le leadership de la direction les connaissances et l'expérience vécues par un groupe privilégié ne sont pas partagées à travers l'organisation. Le deuxième exprime le problème de passivité de l'organisation, car les gens ne comprennent pas la vision de la haute direction et les efforts requis pour son implantation, puisque ceux-ci n'ont pas été établis clairement. Le troisième et le dernier quadrant représentent la confusion encourue par les gens de la base, malgré l'enthousiasme amené par la haute direction. La différence entre les deux quadrants se résume au fait que la confusion encourue dans le troisième est visible car elle est causée par la haute direction en ne guidant pas les gens de l'organisation par un plan précis d'implantation contenant les objectifs particuliers à atteindre selon certaines priorités établies et celle du quatrième semble invisible puisqu'elle provient d'un manque de connaissances et d'habileté des individus pour appliquer les principes qui ont été habilement divulgués.

Afin de converger les efforts à supplanter ces pièges, un certain leadership sera nécessaire (Crow, 1994) pour véhiculer les objectifs recherchés au cours de l'implantation de l'ingénierie simultanée et la façon dont ce concept va être graduellement implantée. Mais, avant de pouvoir communiquer cette vision efficacement, certaines étapes sont nécessaires afin d'engager toute la compagnie dans l'implantation de l'ingénierie simultanée (voir figure 6) (Gatenby et autres, 1994; Clausing, 1994). Premièrement, un comité directeur composé des meilleurs éléments provenant des différentes fonctions de la compagnie devra être formé. Ce dernier aura

pour rôle principal d'épauler la haute direction lors du partage de la vision à travers l'entreprise.

Deuxièmement, la haute direction devra obtenir une formation adéquate. Sinon, en ne possédant que des connaissances limitées sur ce que représente cette philosophie, l'implantation se réalisera de façon incomplète ou elle sera perçue comme une activité mineure ne nécessitant aucun effort formel. Il faudra créer également le fondement de l'approche à transmettre, c'est-à-dire développer la vision appropriée, établir les buts recherchés dans l'utilisation de l'ingénierie simultanée et définir les priorités.

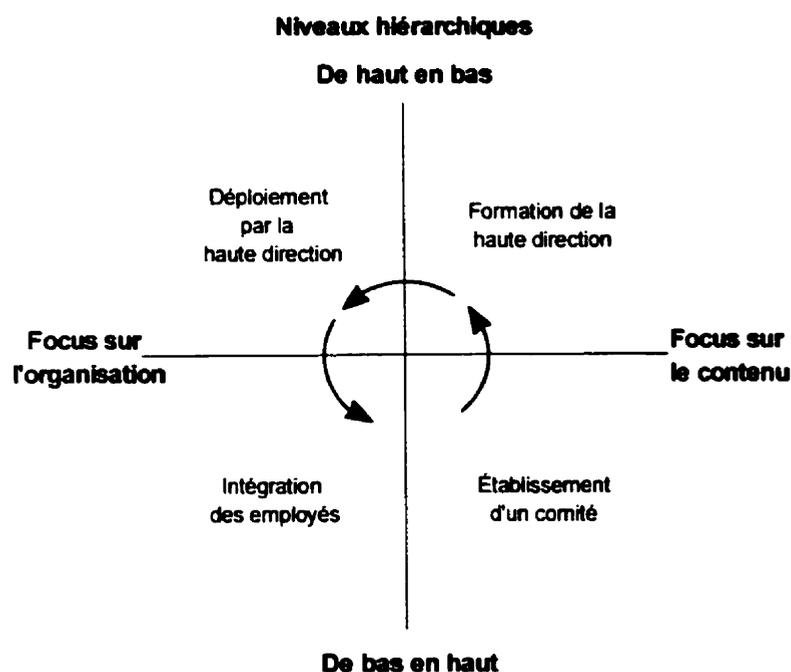


Figure 2.2 – Processus dynamique pour assurer une implantation réussie

Troisièmement, il faudra communiquer la vision et les buts qui ont été préparés préalablement avec soin. Cette étape peut se réaliser en formant les autres personnes exerçant une fonction cadre pour qu'elles puissent transmettre cette vision à leurs employés et en faisant régulièrement de la publicité interne. Une déclaration écrite devrait être envoyée afin d'émettre clairement les objectifs de l'ingénierie simultanée, les accomplissements recherchés, de statuer son importance et de décrire les ressources qui seront attribuées à cette approche.

Finalement, les employés sont impliqués directement dans l'implantation de l'ingénierie simultanée, en leur fournissant les outils et les connaissances appropriés. Ils intègrent les concepts dans leur cadre de travail afin d'améliorer le développement des produits. On assiste ainsi au déploiement énergique de la vision à tous les niveaux de l'organisation.

La démarche de la figure 6 est présentée simplement; il suffit en un premier temps de se concentrer sur le contenu et en deuxième lieu de décentraliser son implantation. Par contre, elle démontre bien l'importance de l'implication de la haute direction tout le long du processus d'implantation de l'ingénierie simultanée. Car il ne faut pas négliger ce support qui est le premier requis pour son succès. Par exemple, Phil Condit, vice-président exécutif chargé du programme Boeing 777, explique son engagement dans l'implantation de l'ingénierie simultanée chez Boeing (Main, 1992):

“In any earlier project, he says, most of this time would have been spent solving technical and contracting problems. « Now, » he adds, « I spend 70% to 80% of my time on people issues. It is phenomenally important to tell everyone what is going on, and I use every device I can get my hands on. » These includes orientation sessions, question-and-answer sessions, information sheets, and just a lot of meetings with everyone from customer to production workers.”

2.2 INTÉGRATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE AVEC LA STRATÉGIE GLOBALE

En parallèle avec la démarche établie à la section précédente, il faut s'assurer d'intégrer, en une stratégie globale, la philosophie de l'ingénierie simultanée avec les autres initiatives en cours (voir la figure 7) (Crow, 1994). Cette représentation, qui n'est qu'un exemple, a pour but principal de diminuer la confusion et de démontrer que l'ingénierie simultanée fait partie d'une stratégie d'ensemble visant l'amélioration de la compétitivité de l'entreprise, et n'apparaît pas comme un caprice isolé. Elle sert également à démontrer qu'elles sont les initiatives qui sont importantes pour l'organisation et où seront convergés les efforts requis.

Stratégie globale

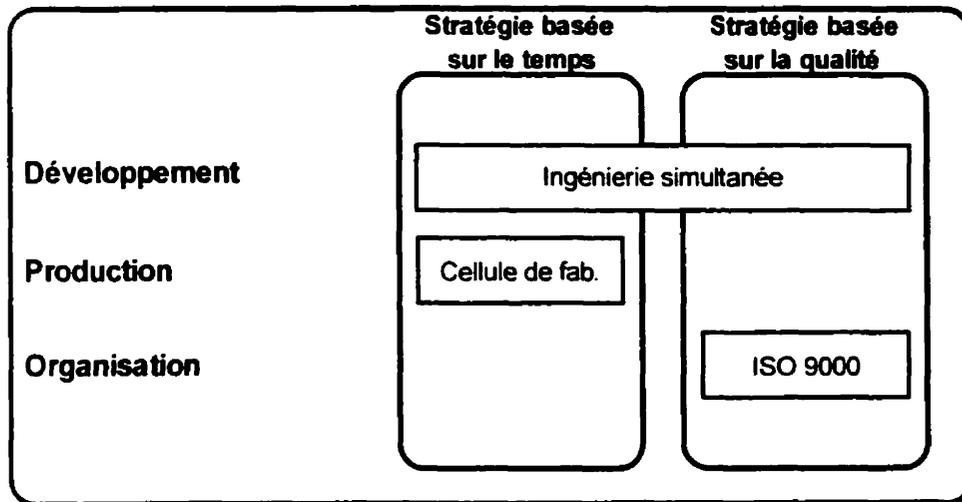


Figure 2.3 – Intégration de diverses initiatives dans une stratégie globale

2.3 LA CULTURE DE L'ENTREPRISE

La participation de la haute direction et l'intégration de l'ingénierie simultanée dans la stratégie globale de l'entreprise amènent une métamorphose qui est intrinsèque à la culture organisationnelle. Par contre, celles-ci doivent être considérées de telle sorte qu'elles créent un environnement positif, favorisant l'amélioration continue et une approche orientée vers l'esprit d'équipe, tout en facilitant le déroulement de l'ingénierie simultanée. La culture organisationnelle, mentionnée ci-haut, se définit simplement

comme étant la personnalité de l'entreprise (Bergeron, 1986) en intégrant les normes, les valeurs, les méthodes de travail, les récompenses, etc. Afin de comprendre son importance, deux caractéristiques sont à considérer. Tout d'abord, la culture d'entreprise se révèle comme étant *une perception* existant dans un groupe et partagée par tous les individus de l'organisation même si ces derniers viennent de différents milieux. Ensuite, elle est considérée comme *un élément révélateur* c'est-à-dire que la culture dévoile la considération des membres pour l'organisation.

En considérant ces facteurs, la culture occasionne principalement deux effets importants (Chanlat et Séguin, 1987). Premièrement, la culture *fait agir*, c'est-à-dire qu'elle mobilise les énergies et les focalise sur quelques objectifs majeurs. Deuxièmement, la culture canalise les comportements autour d'un certain nombre de normes, de valeurs, autrement dit, elle *dirige*. La considération de l'implication de la haute direction prend ici toute son ampleur, puisque celle-ci démontre l'importance des objectifs que la direction a préalablement définie et concentre l'attention des membres de l'organisation sur les moyens pour les rencontrer.

Afin de vouloir modifier la culture organisationnelle, il faut connaître les caractéristiques de celle-ci. On peut dénombrer sept facteurs qui jouissent d'un rôle permanent (Bergeron, 1986). En plaçant ces facteurs sur une échelle, représentée à la figure 8, on peut tracer le portrait de cette culture. Le premier facteur, l'autonomie individuelle, se définit comme étant le degré de responsabilité donné aux individus pour

exercer leur jugement, leur initiative et leur créativité. La structure qui englobe les lois, les règlements et la supervision se définit comme étant le deuxième. Ensuite, le support reflète l'intérêt des supérieurs à travailler, conseiller et entraîner leurs subalternes. Le quatrième facteur, l'identité, fait le lien entre l'identification des individus à l'ensemble de l'organisation plutôt qu'à son groupe fonctionnel. Le cinquième représente la gratification pour le rendement et comprend la récompense et la reconnaissance des efforts et de la ténacité au travail. Le sixième, la tolérance face aux conflits, réunit le degré de collaboration, le respect du point de vue des autres et l'honnêteté. Et le dernier représente la tolérance face au risque, c'est-à-dire le degré d'encouragement à être innovateur et créatif.

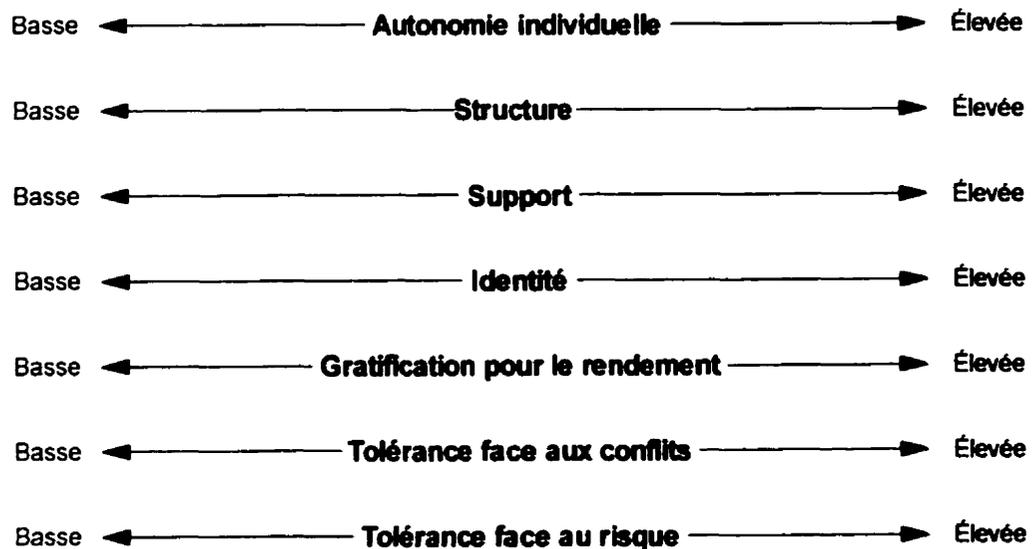


Figure 2.4 – Facteurs caractérisant la culture organisationnelle

En résumé, la relation entre ses différents facteurs reflète le portrait de la culture organisationnelle, c'est-à-dire la façon dont les énergies et les comportements des membres d'une organisation sont mobilisés. Alors, si une entreprise désire évoluer vers une approche telle que l'ingénierie simultanée, les sept facteurs et la philosophie désirée doivent s'harmoniser afin de diminuer le risque d'implanter cette approche. Pour éviter toutes dissonances, la compagnie Chrysler, par exemple, a défini clairement sa démarche pour le déroulement de l'ingénierie simultanée dans leur organisation. Cette démarche prend la forme de douze principes (Coates, 1993), voir le tableau 6, dont chacun peut être facilement associé à un ou plusieurs des sept facteurs décrits précédemment. Ces douze principes ne définissent pas la culture de l'entreprise, mais ils permettent de clairement statuer la direction qu'entreprend Chrysler. Alors, en mesurant la culture organisationnelle à partir des sept facteurs et en comparant ces mesures à l'approche que l'on désire implanter, nous retrouvons le vide culturel (*cultural gap*) à combler, c'est-à-dire là où les efforts devront être concentrés.

Tableau 2.1 – Les douzes principes de Chrysler

-
1. Le client est roi et mobilise toutes les actions. Les besoins personnels et corporatifs sont considérés en deuxième.
 2. L'équipe doit éprouver le système existant.
 3. Donner plein pouvoir (empower) à chaque employé et explorer de nouvelles idées.
 4. Encourager le risque sans craindre l'échec.
 5. Établir un environnement permettant l'amélioration continue.
 6. Planifier pour assurer le succès, non pour éviter l'échec.
 7. Ne prendre aucune décision avant qu'elle ne soit requise; les meilleures décisions sont celles qui sont prises le plus tard possible.
 8. Les approbations, les autorisations et les observations doivent être exclues du chemin critique.
 9. Toutes les activités doivent utiliser la simultanéité dans la conception et les essais.
 10. Toutes les décisions sont déléguées au niveau technique.
 11. Toutes les décisions sont prises par consensus.
 12. Effectuer du benchmarking pour comparer avec le leader, les produits, les procédés et la productivité des services.
-

Selon S. R. Rosenthal (Ettlie et Stoll, 1990), il existe plusieurs façon de changer une culture organisationnelle. Ces changements dépendent des résultats que ces organisations désirent obtenir. Par exemple, une compagnie peut décider de bâtir sa culture à l'aide d'éléments extérieurs. C'est-à-dire qu'elle va délibérément engager des personnes venant de l'extérieur de la compagnie avec l'intention de les faire travailler dans un environnement prédéterminé. Mais, cette solution s'applique principalement pour les entreprises nouvellement formées dont leur culture n'en est qu'à ses premiers balbutiements. Une autre façon de changer la culture est de lancer un projet particulier avec des objectifs clairement définis, afin d'obtenir rapidement des résultats. Le succès de ce projet va permettre de valider l'approche utilisée et de pouvoir l'implanter ensuite graduellement au reste de l'entreprise. Par contre, il ne faut pas s'attendre à des résultats immédiats; pour une entreprise d'envergure un changement de culture prend normalement de cinq à dix ans (Crow, 1994).

CHAPITRE 3 - DÉFINITION DE LA STRUCTURE DU GROUPE DE DÉVELOPPEMENT SIMULTANÉ

3.1 LA STRUCTURE GÉNÉRALE

Le changement de culture, discuté au chapitre précédent, est indispensable, car la façon de concevoir les produits se trouve modifiée. Un projet de conception, lors de l'application de l'ingénierie simultanée, devient le centre des efforts des différentes fonctions requises, tandis qu'avant, les projets progressaient d'un département à l'autre, ce qui dispersaient les efforts. Afin de supporter efficacement le développement des produits, une structure appropriée s'avère nécessaire.

La structure recherchée doit pouvoir regrouper tous les éléments requis pour converger les efforts. En comparant le projet à une petite compagnie (Ashley, 1990), cette condition se trouve satisfaite. L'avantage de cette structure, est qu'elle permet d'amener le dynamisme nécessaire à la réussite du projet, un sentiment d'appartenance très fort et une responsabilité propre.

D'une part, pour les petits et moyens projets, comme les pièces en sous-traitance,

par exemple, la structure est définie simplement (voir figure 9)¹. Le client siège en haut de la pyramide, car le produit développé devra refléter ses besoins et ses attentes. Les équipes composées des différentes fonctions nécessaires au développement doivent répondre adéquatement à ces besoins. Généralement, un projet de développement est trop volumineux pour une seule équipe. Alors, la pièce ciblée par le projet est divisée par ses sous-systèmes (Bartz et Fields, 1992), comme les systèmes mécaniques, hydraulique, etc. Et, à chacun de ces sous-systèmes correspond, alors, une équipe multidisciplinaire.

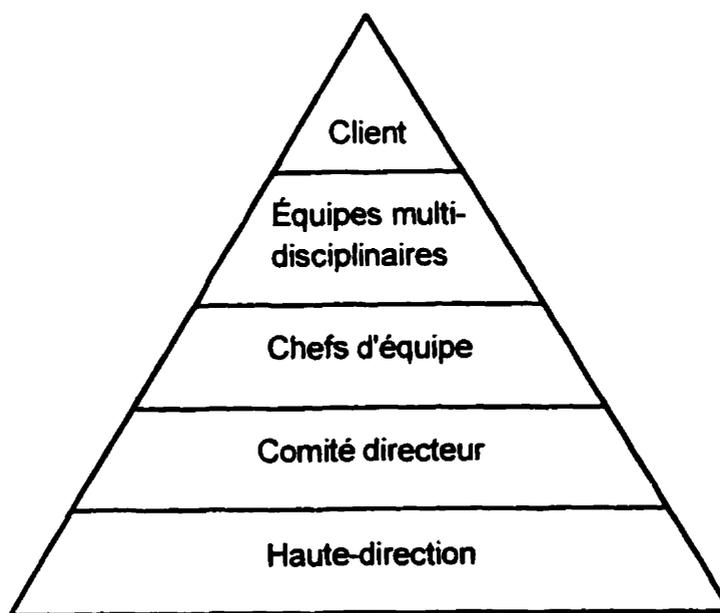


Figure 3.1 - Structure pour les petits et moyens projets

¹ L'adaptation de cette figure provient des fondements de la structure représentée chez Cadillac (Ettlie et

Ensuite, afin d'amener le support approprié par son leadership et par sa vision, un chef d'équipe (*team leader*) est rattaché à chaque équipe. Finalement, un comité directeur qui est lié directement à la haute direction, dirige l'ensemble des équipes et contrôle l'avancement des travaux.

D'autre part, cette structure sera légèrement modifiée pour les projets plus ambitieux. Par exemple, le développement d'un avion va nécessiter un grand nombre d'équipes multidisciplinaires. Car l'avion développé sera divisé selon ses sections importantes comme les ailes, le fuselage avant, le ou les fuselages centraux, le fuselage arrière, etc. Par la suite chaque section sera subdivisée par les différents systèmes décrits au chapitre précédent. Par exemple, chez Boeing (Main, 1992), le fuselage avant qui correspond à une section importante, est séparé en dix équipes; le plafond, le plancher, le tableau de bord, etc. Une correspondance à plus petite échelle, peut être faite avec le développement des modèles de voiture Saturne de General Motors (Sawyer, 1993) et Viper de Chrysler (Spro, 1992). Les voitures sont divisées en section comme la transmission, le châssis et la carrosserie. Ensuite, chaque section est subdivisée en plus petite section; par exemple, pour la carrosserie on dénombre la section arrière, les portes et la section avant. Ces divisions permettent de prendre les meilleures décisions dans chacun des sous-systèmes et ensuite d'effectuer une meilleure intégration d'ensemble. De plus, chez Chrysler, une équipe multidisciplinaire s'occupe d'une division appelée synthèse. Cette dernière permet d'intégrer les différentes sections

ensemble.

Une autre division de General Motors, Cadillac, présente une approche différente (Ettlie et Stoll, 1990; Walklet, 1989). Un nouveau groupe est intégré dans la structure, le "*Vehicule System Management Team*" (VSMT). Cette équipe est composée des différentes fonctions nécessaires au développement d'un produit, tout comme les équipes multidisciplinaires. Un véhicule est décomposé en six parties, c'est-à-dire, les composantes mécaniques extérieures, châssis/transmission, finition intérieure, électrique, la carrosserie et tableau de bord/système d'aération. Chacune de ces parties est représentée par un VSMT qui converge les efforts des équipes multidisciplinaires correspondant à la partie du véhicule en développement. De plus, une autre équipe est formée, le "*Vehicule Team*" (VT). Cette équipe intègre les six différentes parties pour qu'elle concorde avec la stratégie globale de la compagnie. Elle se situe au même niveau que le VSMT pour symboliser l'interdépendance et la collaboration de ces deux équipes.

Cette structure correspond mieux aux besoins d'organisation d'un projet de développement d'un avion, puisque sa complexité va être considérée dans la formation des différents niveaux d'équipe. Celle-ci est représentée à la figure 10 qui correspond globalement à celle élaborée par Cadillac. Ainsi, les VSMT vont être remplacés par les équipes de gestion des systèmes et le VT par l'équipe d'intégration.

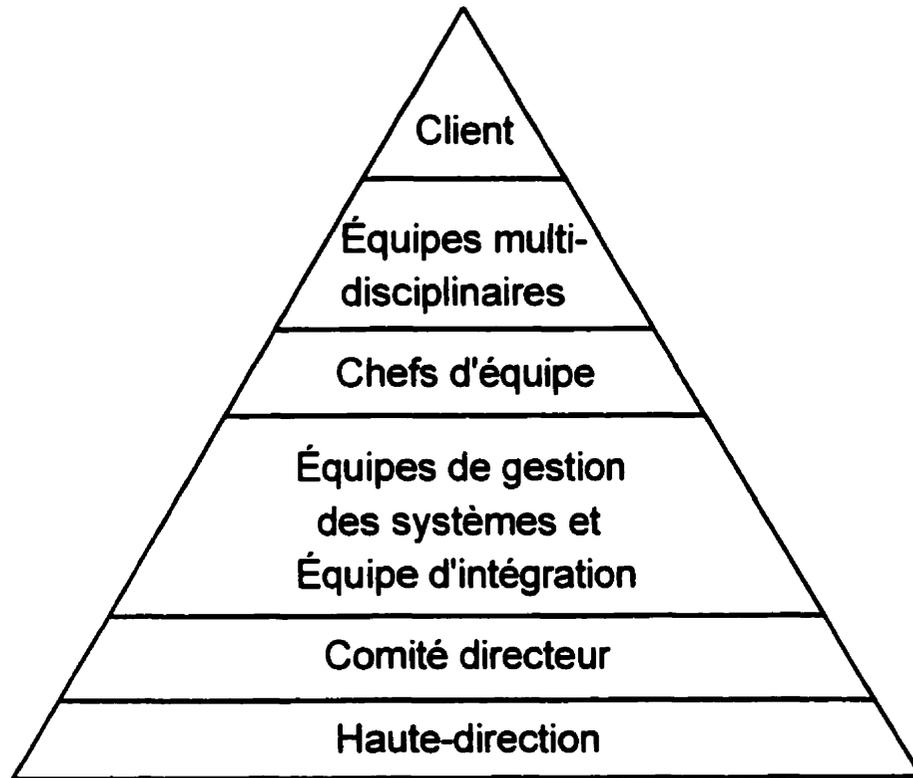


Figure 3.2 – Structure pour les projets d'envergure

3.2 LES ÉQUIPES MULTIDISCIPLINAIRES

3.2.1 LA COMPOSITION DES ÉQUIPES MULTIDISCIPLINAIRES

Les équipes multidisciplinaires sont composées des différentes fonctions nécessaires à la réalisation des produits. La proportion requise de chaque fonction doit

être balancée pour développer le produit adéquatement. De cette façon, les habilités indispensables seront disponibles en nombre suffisant et au bon moment (Stewart, 1993). De plus, ces équipes doivent être formées le plus tôt possible au cours du développement afin de diminuer le risque de prendre les mauvaises décisions (Ashley, 1990). Car ce qui fait la force des équipes multifonctionnelles, c'est la diversité qui entraîne une stimulation des échanges amenant des alternatives basées sur des opinions différentes (Nicholas, 1994).

Cette diversité reflète les besoins éprouvés pour le développement. On peut retrouver deux groupes complémentaires au sein d'une équipe (Kewley et Knodle, 1993). Le premier groupe, appelé groupe primaire, est composé des fonctions qui doivent être présentes de façon permanente. Ce groupe constitue le cœur du développement des produits. Autour de ce groupe gravite un deuxième groupe, le groupe secondaire. Celui-ci amène le support pour développer efficacement les produits par son expertise, ses services, etc. Compte tenu de l'étendue du projet, une fonction peut faire partie du groupe primaire tandis que dans un autre il peut se retrouver dans le groupe secondaire. Une liste des différentes fonctions, par ordre alphabétique, a pu être dressée selon les applications faites principalement chez Boeing, AT&T, General Dynamics Space Systems Division et dans l'industrie électronique et de câble optique¹.

¹ (Gordon et Isenhour, 1990; Main, 1992; Gatenby et autres, 1994; Kewley et Knodle, 1993; Albin et Crefeld III, 1994; Shina, 1992; Etlie et Stoll, 1990).

- 1) Achat: En participant au concept global, les achats de matériel et de composantes principales, préalablement déterminées, peuvent être commandés sans tarder.
- 2) Clients: Certains représentants des clients principaux, dans le cas de la sous-traitance ou pour un marché ciblé, peuvent être présents lors de la conception. Ceci permet de s'assurer que leurs besoins et leurs attentes seront rencontrés.
- 3) Finance: Permet de retracer les coûts de développement, d'aider la gestion des budgets et d'effectuer un certain contrôle en relation avec la stratégie globale.
- 4) Fournisseurs: Les fournisseurs principaux, ceux fournissant les composantes majeures comme les moteurs ou le stabilisateur horizontal dans le cas d'un avion, par exemple, peuvent faire partie du groupe au départ afin de participer à la conception du système afin d'y inclure ses besoins et ses contraintes, tout en partageant son expérience et son expertise.
- 5) Ingénierie: (*Design/product engineering*) Développe les dessins et la nomenclature, tout en spécifiant les caractéristiques du produit en terme d'information géométrique, tolérance et de types de matériels. Doit intégrer dans la conception les aspects liés à la fabrication, aux tests, aux services après-vente, etc.
- 6) Marketing: Offre la description fonctionnelle d'un produit afin d'incorporer dans la conception les besoins, les désires et les attentes des clients.
- 7) Méthodes: (*Manufacturing engineering*) Documente et caractérise le processus de fabrication afin de le communiquer à l'ingénierie. Améliore continuellement le processus de fabrication. Définit, entre autres, les séquences d'opération, l'aménagement et l'outillage.
- 8) Outillage: Participe à la conception de l'outillage et, par la suite, fabrique les outils déterminés.

- 9) Planification: *(Schedule/release)* Planifie l'arrivée des matières, la réalisation des travaux et la capacité nécessaire pour la réalisation des travaux. Peut participer au contrôle des délais.
- 10) Qualité: Fourni les données prélevées lors de la vérification des pièces durant leur fabrication, permettant ainsi d'anticiper certains problèmes éventuels et avenues d'améliorations éventuelles.
- 11) Représentants d'usine: Offre leur expertise et leur expérience accumulée dans la réalisation des produits.
- 12) Service à la clientèle: Identifie les problèmes et les insatisfactions chez la clientèle actuelle et suggère des façons de faciliter le service après-vente. Peut commencer à prévoir les besoins de pièces pour offrir le service après-vente selon les données de l'ingénierie.

3.2.2 FACTEURS DE RÉUSSITE

Les équipes multifonctionnelles sont considérées comme le cœur du développement des produits. Elles possèdent l'entière responsabilité, du début jusqu'à la fin, de concevoir le produit tout en respectant les besoins des clients et d'améliorer continuellement la qualité du produit et le processus de fabrication (Walklet, 1989). Cette responsabilité est attribuée au groupe, puisqu'une équipe possède l'habileté de faire accomplir le développement d'un produit avec succès, en amenant la collaboration entre les différentes fonctions, au lieu de retrouver un seul individu travaillant sur un

aspect particulier (Zelenak et autres, 1994). Bénéficiant des membres appropriés, une équipe va nécessiter un très faible besoin d'influences extérieures.

Par contre, pour que les membres de ces équipes puissent prendre l'entière responsabilité de leurs actions et de leurs décisions, ces derniers auront besoin de toute l'information possible et de l'autorité nécessaire pour influencer favorablement la conception (Ettlie et Stoll, 1990). Il leur faudra, alors, l'environnement essentiel où ils pourront exercer une autonomie raisonnable au sein de la compagnie (Zelenak et autres, 1994). Car plus il y aura des forces extérieures se déployant sur les équipes, moins celles-ci seront aptes à prendre les décisions nécessaires et à agir en conséquence.

L'esprit d'équipe influencera également les décisions et les actions indispensables à la réalisation d'un produit. Chaque fonction significative au développement, dont les compétences propres sont représentées par un des membres, doit participer activement (Clausing, 1994) tout en respectant l'expertise des autres fonctions (Gatenby et autres, 1994). Les compétences amenées par les participants de chaque fonction sont divergentes, mais chaque membre devrait nécessairement posséder la crédibilité encourue par ses connaissances et son expérience (Shina, 1992). Tous les efforts de ces intervenants convergent vers la réalisation des objectifs qu'ils ont préalablement définis et approuvés.

Par conséquent, les équipes multidisciplinaires ne se présentent pas sous la forme d'un comité (Nicholas, 1994). Pour que chaque membre détienne les mêmes priorités et la même appartenance au groupe, les intervenants devront être relevés de leurs fonctions courantes. Sinon, en conservant des tâches ne relevant du groupe de développement, cela entraîne inmanquablement une diminution de communication, de coordination et d'engagement, donc, occasionne une déficience dans la participation et les décisions. Cette règle s'applique principalement pour les membres du groupe primaire. Pour les intervenants du groupe secondaire, vu que leur collaboration se fait de façon sporadique, leur participation à plein temps n'est pas justifiable. Alors, il faudra identifier ces intervenants le plus tôt possible, afin de les faire participer dans l'élaboration des objectifs et pour que chaque membre puisse les connaître. De plus, il faudra mettre en place un système de liaison, comme des réunions périodiques, pour les informer, par exemple, sur l'avancement des travaux.

Un autre facteur notable se résume par le nombre de participants au sein de l'équipe. L'esprit d'équipe et l'appartenance se trouvent significativement améliorés en conservant de petites équipes, c'est-à-dire entre huit à quinze participants. Si une application de l'ingénierie simultanée nécessite un grand nombre de participants, il vaut mieux diviser le groupe en sous-groupes fortement intégrés. Également, pour garder ces équipes petites, il vaut mieux privilégier des individus possédant avantageusement une expertise diversifiée.

Enfin, il faut considérer méticuleusement le système de récompense. En d'autres termes, celui-ci doit encourager la participation des équipes et fasse converger les efforts. Il est à noter que les considérations monétaires ne sont pas suffisantes dans ce cas précis, il faut amener un système de récompense qui reflète la valorisation distinctive des membres de l'équipe. Par exemple, d'offrir l'opportunité de participer à un autre projet, de voir la photo de l'équipe publiée, leur nom sur un pamphlet remis au client, des vacances payées, etc.

3.2.3 LA COMMUNICATION

Ce point particulier se révèle indispensable lors de la formation d'une équipe. Une communication très proche dès le départ, permet aux membres de différentes fonctions de comprendre les perspectives divergentes de chacun des membres, ce qui inspire une plus grande coopération et génère un plus grand nombre d'idées (Ashley, 1990). Cette attitude renforce aussi l'appartenance au sein de l'équipe ("Garrett Engine...", 1992) et diminue ou élimine les forces extérieures provenant de la différence des statuts et des barrières inter-fonctionnelles (Nicholas, 1994).

Afin de faciliter cette communication, la colocation serait à envisager sérieusement; en considérant que chaque personne travaillant sur le développement d'un

produit doit prendre une décision par jour, pour un projet d'environ 3 millions de dollars, globalement, 7 500 décisions d'envergure moyenne et grande seront adoptées (Stewart, 1993). L'échange d'information permise par la colocation, accroît la qualité de plusieurs de ces décisions. De plus, il est à remarquer que si deux personnes sont éloignées d'environ 30 pieds, la probabilité que ces deux sujets se parlent de problèmes techniques diminue de 75%.

Il existe actuellement deux types de colocation. La première, la colocation physique, est amenée en aménageant un lieu physique, comme un local ou une salle, réunissant tous les membres de l'équipe pour qu'ils puissent travailler de façon coopérative. La deuxième, la colocation virtuelle, provient de tout élément provenant de la technologie des télécommunications. On retrouve dans cette catégorie les vidéos conférences, les messageries électroniques, et ainsi de suite.

Par contre, la colocation physique se manifeste comme étant plus avantageuse que la colocation virtuelle. Sans compter que cette dernière considère à peine les manifestations non formelles, en véhiculant l'information à travers des intermédiaires électroniques¹ (Clausing, 1994). Finalement, la colocation physique facilite immédiatement les contacts entre les membres afin d'amener un échange fructueux qui normalement prend plusieurs semaines avant de s'installer (Nicholas, 1994).

¹ La communication informelle est aussi indispensable que la communication formelle dans l'échange d'idées.

3.2.4 LA PRISE DE DÉCISION

Tout au long du développement des produits, des décisions diverses doivent être prises. Afin que celles-ci soient avantageuses, il faut que ces décisions soient organisées de façon à ce que tous les membres de l'équipe comprennent les diverses options suggérées et acceptent la solution appropriée (Clausing, 1994). Donc, il faut que les ressources et l'information soient accessibles à tous et qu'elles soient organisées de façon formelle ("Garrett Engine...", 1992). De plus, il faut encourager activement l'ouverture d'esprit et éviter un consensus facile et prématuré. Un certain ajustement doit être fait au sujet de la prise de décision par consensus (Brown, 1991). Le consensus entre les membres ne veut pas dire que tous doivent être totalement d'accord avec la décision. Les membres doivent, au minimum, trouver la décision supportable et l'intégrer dans leur action. Sinon, les dissensions ainsi encourues, mineraient défavorablement l'esprit d'équipe et son moral, ce qui diminuerait significativement les chances de succès du projet.

Certaines décisions vont se révéler excellentes tandis que d'autres vont être mauvaises (Sprow, 1992). Il faut accepter que les gens puissent prendre de mauvaises décisions, sinon, ils ne seront pas prêts à prendre certains risques. Et sans risque, il n'y a pas de place à la créativité, à l'innovation. Mais, pour diminuer la probabilité de prendre une mauvaise décision, il suffit d'appliquer une simple formule provenant de chez Cadillac (Ettlie et Stoll, 1990):

$$\mathbf{D.E. = I.E. + S}$$

(Une décision efficace = une information exacte + du support)

3.2.5 LES OBSTACLES

Travailler en équipe ne se révèle pas comme une solution facile. Tout d'abord, il faut faire attention à l'effet d'entraînement au sein du groupe (Nicholas, 1994). Ce problème apparaît lorsque l'équipe croit que leur solution est infaillible, sans regarder aucune autre alternative ou même sans se questionner de nouveau. Cette situation peut être facilement évitée en effectuant toujours la correspondance des solutions apportées avec la satisfaction des besoins des clients. Les idées déviantes sont alors remises en cause naturellement.

Ensuite, certains membres peuvent conserver leur appartenance à leur groupe fonctionnel. Cette orientation entraîne normalement la compétition entre les membres et la rivalité. Ainsi, il faut revoir les conditions qui entraînent cette situation, comme le système de récompense, si les gens sont entièrement libérés de leur fonction normale, par exemple. De plus, la colocation résout rapidement ce genre de problème, car les échanges doivent se faire face-à-face.

Finalement, il ne faut rien prendre pour acquis dans une équipe. Par exemple, il ne faut jamais assumer que tout le monde connaît les objectifs du projet. Ceux-ci doivent être clairement définis pour que chacun comprenne le mandat spécifique du projet et les livrables à fournir. Sinon, les résultats désirés ne seront pas atteints.

3.3 LE CHEF D'ÉQUIPE

3.3.1 SES HABILITÉS

Un élément déterminant pour canaliser les efforts déployés par une équipe multidisciplinaire est, sans aucun doute, le chef d'équipe (*team leader*). Certaines habiletés s'avèrent essentielles afin d'occuper cette responsabilité. En premier lieu, celui-ci doit se révéler comme un bon communicateur, c'est-à-dire posséder d'excellentes qualités interpersonnelles (Kewley et Knodle, 1993). Il doit également posséder une formation et une expérience solide dans la gestion de programme. Cet individu doit être respecté pour son jugement au sein de l'entreprise, tout en faisant preuve d'une expertise technique (Ettlie et Stoll, 1990) pour comprendre et véhiculer les implications multiples du projet. Ainsi, il doit avoir un dévouement total au projet, une détermination et un enthousiasme à amener le projet à terme, en d'autres mots, il doit être en mesure de guider l'équipe grâce à son charisme.

De plus, le chef d'équipe doit être un catalyseur dans la prise de décision en intégrant efficacement l'expertise et les opinions de chacun des participants d'une équipe multidisciplinaire (Nicholas, 1994). Car cette personne doit faire preuve d'une facilité à synthétiser l'information et à effectuer les analogies nécessaires (Ashley, 1990) pendant la prise de décision tout en n'oubliant pas la vue d'ensemble du projet (Kewley et Knodle, 1993). Pour ce faire, cet individu doit faire abstraction de ses besoins personnels, en démontrant sa conviction envers les facteurs favorisant la réalisation des objectifs de l'équipe (Nicholas, 1994).

3.3.2 SES RESPONSABILITÉS

Les premières responsabilités d'un chef d'équipe sont directement liées à l'établissement d'une équipe multidisciplinaire. Il doit sélectionner et recruter les membres de différentes fonctions afin de balancer adéquatement l'expertise assemblée dans le groupe (Shina, 1992). Après avoir délégué à chacun leur responsabilité, celui-ci doit transmettre une vision claire et concrète des objectifs¹ précis à atteindre par l'équipe et les critères de succès à rencontrer (Nicholas, 1994). En plus de développer l'esprit d'équipe et d'entraide à travers le groupe, il faut qu'il génère de l'engagement et de l'enthousiasme parmi ceux-ci, afin de rencontrer ces objectifs. Ceci peut être atteint en

¹ C'est-à-dire des objectifs reliés à la satisfaction des besoins du client, de qualité, de coût et de délai (Gordon et Isenhour, 1990).

reconnaissant les compétences de chacun et en leur fournissant les moyens pour les atteindre.

Ensuite, tout au long du déroulement du processus d'ingénierie simultanée, le chef d'équipe doit satisfaire certaines fonctions. Tout d'abord, celui-ci doit voir à ce que l'équipe fonctionne avec les personnes adéquates et possède les ressources appropriées, comme de l'information, des équipements, du matériel, de la formation et le support nécessaire venant de l'organisation (Shina, 1992). Et en plus de servir de médiateur lors de conflits (Owen, 1992), il doit faciliter et amener le consensus dans l'équipe tout en s'assurant que les opinions minoritaires ont été clairement et ouvertement exprimées (Kay, 1993). Ensuite, il doit organiser périodiquement des rencontres avec son équipe afin d'échanger des idées, divulguer toute nouvelle information, etc. (Deutsch et Pratt, 1993). Il doit également représenter l'équipe devant les différents comités afin de transmettre le statut et le progrès de la conception réalisée par l'équipe. Finalement, il doit reconnaître les réalisations de chacun en les gratifiant et en célébrant leur réussite (Nicholas, 1994).

3.4 LES ÉQUIPES DE GESTION DES SYSTÈMES

Le rôle de ces équipes, composées de participants multidisciplinaires de cadres intermédiaires, se révèle relativement simple à définir (Walklet, 1989; Etlie et Stoll, 1990). Ces équipes représentent une partie majeure du produit à développer. Ainsi, elles doivent gérer et intégrer les différentes subdivisions représentées par une équipe de développement. Ensuite, elles doivent s'assurer que le développement entrepris à travers leur partie majeure optimise les stratégies et les décisions entreprises par la compagnie. En dernier lieu, ces équipes doivent participer continuellement à l'amélioration du processus de l'ingénierie simultanée.

3.5 L'ÉQUIPE D'INTÉGRATION

Cette équipe a principalement pour rôle de développer la stratégie du produit qui doit inclure la définition du marché cible, tout en l'intégrant à la stratégie globale de l'entreprise. De plus, c'est elle qui gère le contenu du produit en fournissant la définition du programme relatif au produit de façon complète, stable, consistante et toujours à temps. Ensuite, cette équipe doit s'assurer que les besoins des clients sont satisfaits et même excédés. Finalement, elle doit gérer l'amélioration continue de la qualité, de la fiabilité, de la durabilité et de la performance du système.

3.6 LE COMITÉ DIRECTEUR

La composition de cette équipe est aussi caractérisée par une pluridisciplinarité et regroupe des gens de la haute direction (“Garrett Engine...”, 1992). Cette équipe doit, tout d’abord, étudier l’environnement dans lequel se déroule présentement le développement des produits afin d’identifier les obstacles à l’implantation de l’ingénierie simultanée (Maddux, Martin et Farrington, 1994). Ensuite, elle planifie rigoureusement et participe activement à l’implantation de ce processus (Ettlie et Stoll, 1990; Walklet, 1989). D’ailleurs, cette équipe initie l’implantation de cette approche en définissant les objectifs globaux et en révisant les politiques actuelles pour qu’elles viennent supporter la philosophie de l’ingénierie simultanée (Crow, 1994). Par la suite, le comité directeur communique et sensibilise l’organisation sur le nouveau processus et sur les besoins pour une nouvelle approche de développement des produits. Finalement, ce comité aide à prévenir et à surmonter les obstacles probables du déroulement de l’ingénierie simultanée et conseille des avenues d’amélioration.

3.7 LA HAUTE DIRECTION

Avant de fournir le support primordial à l'établissement de l'ingénierie simultanée¹, la haute direction doit fournir son approbation sur la détermination du déroulement de ce processus au sein de l'organisation. Ensuite, elle participe à l'élaboration des politiques générales et de la direction que doit prendre cette approche. Elle aide aussi à fournir un environnement dans lequel l'ingénierie simultanée va pouvoir prospérer allègrement. Et en dernier lieu, elle doit s'assurer que les objectifs globaux sont considérés et incorporés dans le développement des produits ("Garrett Engine...". 1992).

¹ Auparavant discuté à la section 2.1 de l'annexe 1.

CHAPITRE 4 - DÉVELOPPEMENT DE L'INFRASTRUCTURE

4.1 L'IMPLANTATION DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Avant de pouvoir formellement mettre en place le programme structuré, discuté à la prochaine section, quelques mots sont nécessaires avant d'implanter ce processus. Tout d'abord, il faut prendre le temps d'étudier le processus de développement actuel (Kewley et Knodle, 1993). Ceci va permettre de bâtir ce programme sur les forces du processus. Ainsi, il faut identifier les activités séquentielles, de déterminer quand les révisions sont effectuées et d'examiner les accumulations d'ouvrage sans priorités (Gatenby et autres, 1994). Ces observations sont critiques, car le réel problème réside dans la façon de réorganiser stratégiquement les différentes tâches du projet.

Ensuite, il faut créer le processus désiré. Il faut focaliser les énergies pour visualiser les caractéristiques du nouveau processus, c'est-à-dire incorporer les influences du marché et des coûts, éliminer les efforts de transfert du design à la production en incorporant celle-ci dès le départ, mettre l'accent sur la simultanéité des fonctions, etc. . Également, pour valider le processus déterminé, il faut sélectionner un projet pilote (Kewley et Knodle, 1993). Le processus de développement pour ce projet ne devra pas dépasser deux ans, afin de pouvoir facilement mesurer les résultats et de les divulguer au reste de l'entreprise. Par exemple, afin d'implanter l'ingénierie simultanée

chez Canadair, il vaut mieux commencer avec un projet de sous-traitance, au lieu de s'engager dans un projet de longue haleine, comme la conception d'un avion en entier.

4.2 DÉROULEMENT DU PROGRAMME STRUCTURÉ

Afin d'appuyer la structure définie au chapitre précédent, il faut déterminer un programme pour ordonner son déroulement. À partir de la revue de littérature, nous pouvons globalement regrouper les actions vers la réalisation d'un produit selon l'ingénierie simultanée en cinq étapes principales (voir figure 11). Ces étapes, l'initiation, la définition, la préparation, le développement et la finalisation, définissent le cheminement que tous les projets devront normalement pratiquer. De plus, ces étapes doivent se concrétiser selon un processus d'amélioration continue, ce qui permet au programme structuré de constamment évoluer.

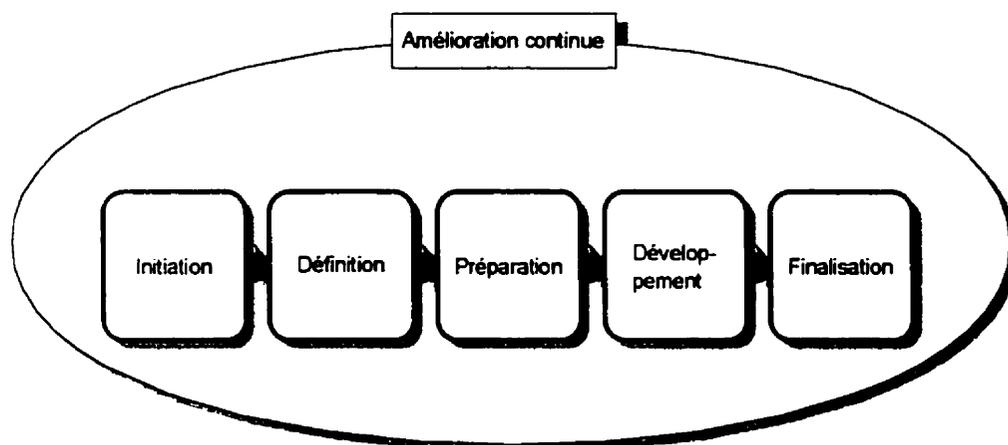


Figure 4.1 – Programme structuré

4.2.1 L'INITIATION

Au cours de cette étape, la haute direction doit définir clairement la vision du projet qu'elle veut faire réaliser et la communiquer adéquatement (Ettlie et Stoll, 1990). Elle amène également les éléments globaux de performance désirée pour ce projet (Gatenby et autres, 1994). Il ne faut pas oublier que la vision et les éléments de performance doivent être basés sur la réalité de la compétition actuelle et sur une anticipation de celle-ci afin que ce projet puisse positionner la compagnie avantageusement face à la concurrence.

Ainsi, ce projet est initié par une opportunité notable tout en considérant les connaissances et l'expertise de base que possède l'entreprise (Ettlie et Stoll, 1990). En

procédant de cette manière, l'entreprise améliore constamment ce qu'elle fait de mieux. Par contre, il est conseillé de planifier une série de produits, au lieu d'effectuer des bonds technologiques risquant d'introduire le nouveau produit trop tard sur le marché et d'essuyer des coûts de développement exorbitants, sans être assuré de la performance du produit (Stewart, 1993). En résumé, il suffit d'améliorer de façon significative les produits antérieurs selon les déclamations des clients, tout en se concentrant sur les projets les plus prometteurs (Ettlie et Stoll, 1990).

4.2.2 LA DÉFINITION

Cette deuxième phase se distingue par la formation du comité. Celui-ci étudie, tout d'abord, la capacité de l'entreprise et les différentes ressources disponibles afin d'éviter toute utilisation critique pour l'entreprise. Entre autres, ce comité va examiner attentivement l'environnement du déroulement du projet (Garrett, 1990), c'est-à-dire la culture organisationnelle, les différents programmes pouvant exister comme l'amélioration continue, le degré de participation des fournisseurs et des clients au sein du projet, la formation des employés, leur emplacement physique, les politiques de recrutement et la sélection des chefs d'équipe. Cet environnement doit permettre de faciliter le déroulement du développement, sinon des actions devront être considérées.

De plus, le comité devra revoir les pratiques courantes actuelles, comme les standards de fabrication et de conception, les politiques organisationnelles et les différentes procédures rencontrées. Celles-ci devront être compatibles avec la philosophie de l'ingénierie simultanée.

Ensuite, en considérant la capacité et les ressources, tout en ne négligeant pas la vision et les éléments de performance établis par la haute direction, le comité directeur doit établir clairement un plan écrit, appelé *le plan d'affaire* (Shina, 1992). En général, ce plan statue les objectifs généraux, la façon de les rencontrer et les ressources clés qui lui seront attribuées (Garrett, 1990). En particulier, ce plan inclut, entre autres, six points importants (Ettlie et Stoll, 1990; Shina, 1992):

1. L'analyse globale de marketing concernant la définition et la stratégie de pénétration du marché cible pour le produit désiré, la période de lancement, le prix escompté, l'évaluation de son volume de vente et l'analyse de la compétition.
2. Les spécifications commerciales afin de guider la conception sur la forme générale du produit, son fonctionnement global, ses caractéristiques courantes, sa performance ou encore sa qualité.

3. Un plan de développement concernant les technologies recherchées et l'anticipation de leur changement, les équipements nécessaires, etc.
4. Un plan de fabrication pour déterminer comment le produit va globalement être fabriqué, c'est-à-dire les politiques générales concernant les fournisseurs, les équipements et les procédés majeurs qui seront nécessaires, comme la stratégie concernant la qualité, par exemple.
5. Un plan concernant le niveau de service à la clientèle, la formation requise pour le fonctionnement du produit et la stratégie de garantie, tout en considérant l'impact sur le produit existant.
6. L'analyse financière du cycle de vie planifié du produit, le retour sur investissement recherché, les coûts globaux du développement du produit et l'impact économique sur les produits existants.

Également, le comité directeur devra choisir un *champion*¹ au sein du groupe. Cet individu, qui provient de la haute direction, devra jouer un rôle extrêmement important dans le développement d'un produit et il devra y consacrer tout son temps. C'est lui qui possède et véhicule la vision du produit et la détermination de réaliser la conception du produit avec succès. Aussi, en plus de présider les réunions du comité

directeur, ce dernier doit coordonner et converger les différents efforts transparaissant à travers l'entreprise.

Finalement, il est à noter que pour les petits projets, le comité directeur est en mesure d'effectuer l'accomplissement de ces différentes actions. Par contre lors de la réalisation de projets de plus grandes envergures, celui-ci devra déterminer les équipes de gestion de système et l'équipe d'intégration afin que ces différents groupes puissent venir l'épauler pour définir adéquatement les requis nécessaires.

4.2.3 LA PRÉPARATION

Cette troisième phase se distingue de la précédente car elle se concentre sur la préparation des équipes multidisciplinaires à effectuer le développement. Tout d'abord, les chefs d'équipe doivent sélectionner soigneusement les membres de différentes fonctions de l'entreprise, de façon à les balancer adéquatement (Garrett, 1990). De plus, chaque membre déterminé doit posséder certaines caractéristiques comme de bonnes qualités interpersonnelles, démontrer de la facilité à résoudre des problèmes, des habiletés d'analyse, etc. Par exemple, chez Garrett Engine Division du groupe Allied Signal Aerospace Company, chaque membre est soigneusement étudié selon des critères précis ("Garrett Engine...", 1992):

¹ Ce terme provient de l'expression anglaise "*Product Champion*".

- . Facilité dans les relations interpersonnelles et à communiquer.
- . Expertise technique reflétant favorablement son groupe fonctionnel.
- . Flexibilité à réagir aux changements.
- . Solide base d'éthique.
- . Habileté à revoir objectivement ses propres activités.
- . Capacité à toujours travailler pour le bien de l'équipe.
- . Facilité à démontrer de la créativité et de l'engagement.

Ainsi, les membres des équipes multidisciplinaires doivent comprendre qu'ils doivent travailler en équipe et dépasser leurs propres besoins personnels. Alors, ils doivent accepter les buts et les méthodes désirés lors du déroulement de l'ingénierie simultanée. Toutefois, l'acceptation de participer à une équipe multidisciplinaire appartient à chacun des membres et s'effectue sur une base volontaire.

Ensuite, pour que les membres d'une équipe multidisciplinaire puissent être préparés à travailler ensemble, une formation intégrée de groupe devra être dispensée avant de commencer formellement toute activité. Cette formation devra se faire autant au niveau de la culture organisationnelle, qu'au niveau technique (Siegal, 1991). Par exemple, le département *U.S. Army Missile Command* (MICOM) a développé un document pour supporter un cours intensif. Celui-ci comprend sept sections permettant de relier tous les aspects de l'ingénierie simultanée (Maddux, Martin et Farrington, 1994):

Section 1 **Introduction du comité directeur**

Cette section a pour but d'informer les membres de l'équipe de l'existence du comité directeur, de sa mission et de sa composition multidisciplinaire, tout comme l'équipe en formation. Ainsi, elle amène les participants à réaliser l'engagement de la direction et la détermination de réussir la conception selon les concepts de l'ingénierie simultanée.

Section 2 **Principes de l'ingénierie simultanée**

Cette section amène les différentes définitions et terminologies qui seront utilisées, la différenciation avec d'autres approches et les leçons retenues par les compagnies utilisant avec succès l'ingénierie simultanée. Tout en décrivant ces aspects, les principes de l'ingénierie simultanée qui seront utilisés chez MICOM, sont intégrés comme le besoin d'équipes multidisciplinaires, l'intégration du client et des fournisseurs et l'importance d'intégrer la fabrication dans le design.

Section 3 **Les équipes multidisciplinaires**

Cette section décrit comment les membres sont sélectionnés, le rôle de chacun et la façon dont ils vont travailler en groupe. On retrouve également des discussions et des exercices de dynamique de groupe afin de démontrer l'augmentation de performance à exécuter des tâches de cette façon.

Section 4 **Outils et méthodologies de l'ingénierie simultanée**

Cette section identifie les différents outils et méthodologies qui seront utilisés, tout en les reliant au cycle de déroulement de la conception.

Section 5 **Déroulement de la conception à l'aide de l'ingénierie simultanée**

Cette section a pour but principal d'être utilisée comme référence puisqu'elle présente le déroulement du modèle, définit les participants nécessaires à chaque phase et explique le rôle de chacun.

Section 6 **Rôles et responsabilités des clients et des fournisseurs**

Cette section fournit un modèle simple pour démontrer l'intégration de ces participants et les voies de communications avec ceux-ci.

Section 7 **Éléments du projet de conception**

Cette section permet aux membres de l'équipe d'utiliser les concepts vus tout au long des autres sections à leur projet spécifique. Ceci permet d'éviter certaines confusions et de répondre aux différentes questions qui peuvent survenir dès l'utilisation de ce nouveau concept.

Malgré un programme assez complet, une autre section pourrait être ajoutée à ce document. Chez General Dynamics, ceux-ci insèrent dans leur manuel une section portant sur l'intégration des concepts clés expérimentés durant l'application de

l'ingénierie simultanée dans d'autres projets au sein de la compagnie (Kewley et Knodle, 1993). Ceci leur permet d'approprier ce que d'autres ont réalisé concrètement.

Toutefois, certaines attentes resteront divergentes ou se révéleront biaisées au sein du groupe ("Garrett Engine...", 1992), malgré un programme de formation bien structuré et bien divulgué. Afin de pallier cette situation, une rencontre de deux à trois jours en dehors du cadre de travail semble indiquée (Nicholas, 1994). Cette rencontre va permettre aux membres de discuter des règles proposées, de trouver un terrain d'entente et de commencer à bâtir une confiance dans le groupe. Ils devront s'accorder également sur la contribution de chacun, celle du chef d'équipe et sur les éléments composants le projet en général.

De plus, durant cette session, ils devront développer une liste de guide de conduite sur différents points concernant la dynamique du groupe. En particulier, la liste décrira la prise de décision, c'est-à-dire à quelle occasion le groupe devra prendre une décision par majorité ou par consensus, les responsabilités de chacun, la façon de préparer les réunions à l'aide d'ordre du jour et de la prise de minutes, la façon de fournir l'information et de faire participer les gens qui ne sont pas à temps plein sur le projet et ceux de l'extérieur, la procédure pour formuler les plaintes et, en dernier lieu, la manière de résoudre les conflits qui sont malheureusement inévitables¹.

¹ Il n'existe que deux façons de résoudre un conflit par la confrontation en discutant ouvertement de chaque dispute ou par la résolution de problèmes avec le consentement mutuel.

Finalement, les membres devront définir les objectifs opérationnels à rencontrer à court terme et préparer un plan d'attaque. Ainsi, en se basant sur le plan d'affaire élaboré par le comité directeur, les membres de l'équipe vont produire un document écrit spécifiant les éléments de performance en considérant l'engagement et les contraintes reliés au projet. Donc, en plus de retrouver les fondements du plan d'affaire correspondants à la particularité du projet de l'équipe, l'élaboration des dates importantes sera définie avec soin et une liste des principales activités prévues sera présentée.

4.2.4 LE DÉVELOPPEMENT

Au début de cette phase, les équipes multidisciplinaires sont prêtes à concentrer leurs efforts sur le développement du produit. Après avoir planifié l'environnement de cette conception durant la partie décrite précédemment, les équipes doivent définir les spécifications fonctionnelles du produit. Sommairement, ces spécifications décrivent ce qu'est le produit, son fonctionnement, son apparence et la façon de l'utiliser (Ettlie et Stoll, 1990). La définition de ses spécifications provient des exigences des clients ciblés pour le produit en développement qui ont été préalablement définies et documentées (Shina, 1992). Ainsi, le produit doit absolument refléter les besoins des clients, car ce sont eux qui déterminent le succès ultime du produit.

Par la suite, il faut établir le concept du produit, c'est-à-dire qu'il faut traiter les données concernant le design, la production, l'outillage, la technologie, le support à la clientèle, les éléments permettant la différenciation des concurrents, etc., en un système intégré (Clausing, 1994; Ettl et Stoll, 1990), tout en considérant les spécifications déterminées. Il faut examiner, ainsi, le maximum d'information avant d'effectuer le design, ce qui va permettre d'avoir un processus de conception plus discipliné, plus stable.

De cette façon, les gens effectuant la conception allouent plus de temps à l'analyse et aux tâches conceptuelles, au lieu d'effectuer le design à la hâte et puis de faire les itérations nécessaires pour intégrer les données mentionnées plus haut. D'ailleurs, il faut investir plus de ressources au début de la conception, ce qui permettra à l'équipe multidisciplinaire d'en bénéficier tout au long du développement. Ce phénomène est décrit suite à une étude provenant de l'armée américaine (Baker et Carter, 1992). En examinant la figure 12, nous observons qu'en accordant plus de ressources pendant la définition du concept, qui inclue ici la définition des spécifications, nous diminuons le temps nécessaire à la réalisation des autres étapes, ce qui se révèle bénéfique sur l'ensemble du processus.

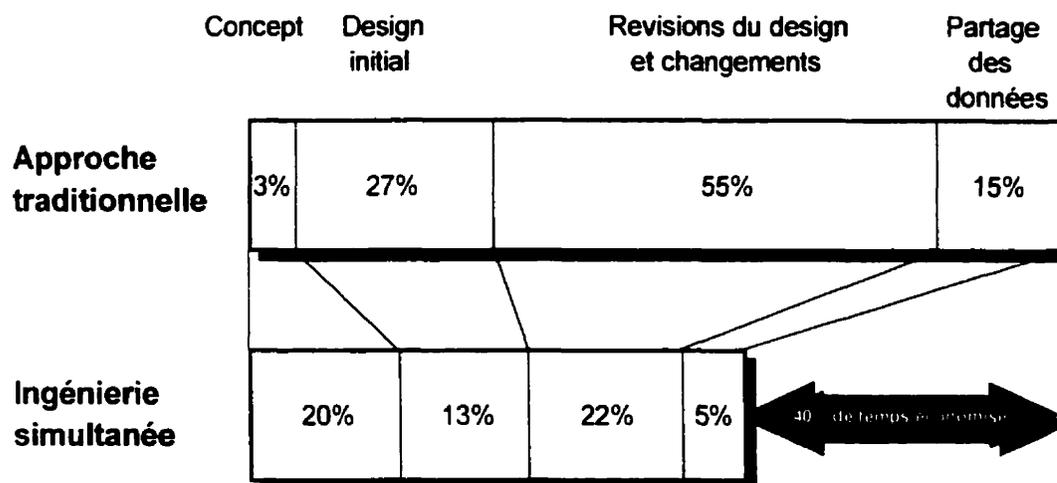


Figure 4.2 – Temps des activités relié au développement

Afin de permettre aux ingénieurs de commencer à effectuer le design, il faut que l'équipe multidisciplinaire prenne graduellement certaines décisions formelles (Manton, 1991). Pour ce faire, il faut que l'équipe se discipline à respecter les décisions prises, puis de passer à l'étude de la suivante (Clausing, 1994); ce qui permet d'accélérer le processus. Alors, en ayant l'information adéquate à chaque prise de décision, l'engagement face à ces décisions va se faire sur une base solide (Manton, 1991).

Dans le même ordre d'idée, pour permettre la simultanéité le plus tôt possible dans les différentes tâches effectuées par les autres membres de l'équipe, il faut *figer* le design (Stewart, 1993). C'est-à-dire qu'il faut établir un échéancier où l'on s'engage à ce que certaines parties du design soient complétées à des périodes précises. Cette façon

de procéder correspond à un figement rigide qui est représenté à la figure 13 en a) (Clausing, 1994). Malgré qu'il faille éviter les changements de design, il faut laisser de la place à la créativité et à l'amélioration. Cette considération peut être amenée en introduisant le concept de figement progressif, représenté à la figure 13 b). Puisqu'il est extrêmement difficile de concevoir totalement un produit instantanément, il faut considérer des itérations disciplinées basées sur des opportunités survenant lors de la transition entre chaque phase.

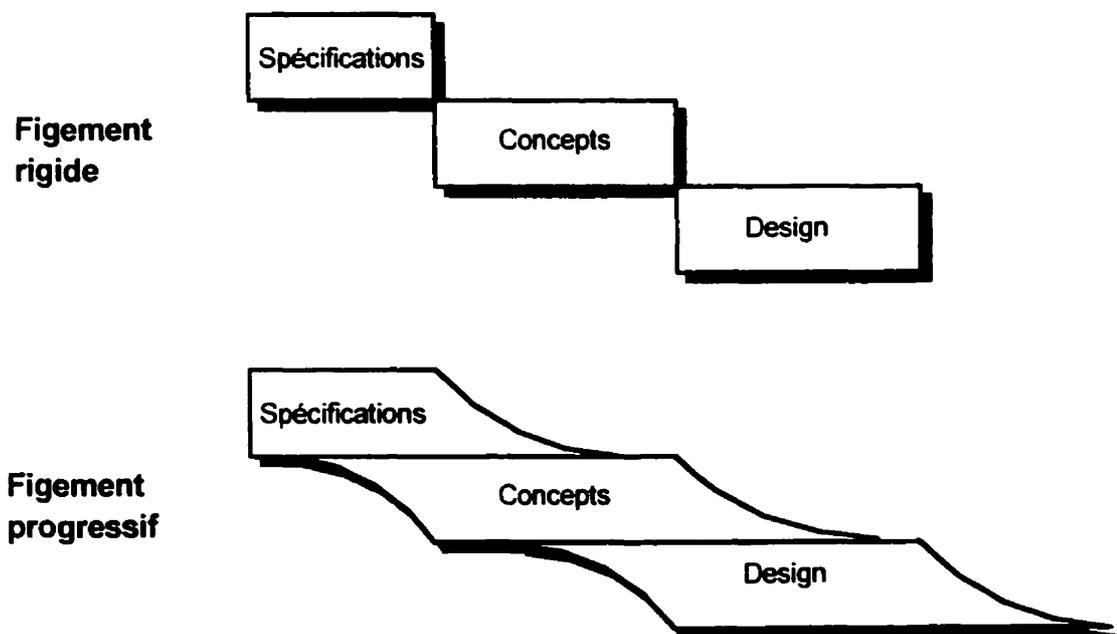


Figure 4.3 – Représentation de deux façons pour figer un design

En terminant, l'intégration du processus de fabrication dans le design permet de fabriquer la première unité directement avec les outils de la production (Deutsch et Pratt, 1993). Les problèmes particuliers font alors surface immédiatement et seront résolus promptement (Mass, 1993); la cause sera identifiée, documentée et éliminée (Clausing, 1994). De plus, cela facilite le transfert de la première unité fabriquée aux opérations courantes (Deutsch et Pratt, 1993), discuté dans la prochaine partie.

4.2.5 LA FINALISATION

À ce stade, l'assemblage final du produit est effectué et il devra être testé sous des conditions variées d'utilisation faite par le client (Ettlie et Stoll, 1990). Ces tests vont permettre d'assurer la découverte des derniers défauts du produit le plus tôt possible afin d'y remédier rapidement. Par contre, les équipes multidisciplinaires ne devraient pas se fier à ces tests pour découvrir certains défauts particuliers, puisque avec leur confiance dans l'effort fourni et dans le produit, l'importance relative à ces tests se révèle mineure (Clausing, 1994). Au contraire, ces tests devraient être conduits afin de partager cette confiance aux gens s'occupant des ventes et du service à la clientèle.

Finalement, après l'approbation du produit pour la mise en marché, les équipes multidisciplinaires s'occupent de la transition de la fabrication du produit aux opérations courantes (Dransfield, 1994). La transition devra se faire graduellement, car les équipes

devront confirmer que les résultats de la fabrication du produit reflètent ceux qui étaient planifiés (Clausing, 1994). Toutes les énergies sont, donc, concentrées à résoudre les problèmes de développement qui peuvent survenir.

4.3 LE SYSTÈME DE CONTRÔLE

4.3.1 LES PROJETS HORS CIBLES

Afin de suivre les progrès réalisés par les équipes multidisciplinaires tout au long du processus de développement et pour assurer la réussite de l'application de l'ingénierie simultanée, il est absolument nécessaire d'établir un système de contrôle approprié (Mackey et Carter, 1994). Traditionnellement, les éléments de mesure s'effectuent à la fin du développement en amenant trop tard les avenues de corrections. Au contraire, il faut effectuer un suivi adéquat, favorisant rapidement l'identification des problèmes. Ces actions vont permettre de guider efficacement la conception et de continuellement l'améliorer (Albin et Crefeld III, 1994). Sans compter qu'à mesure que le processus de développement avance, le travail réalisé ajoute constamment de la valeur à la conception (Sater-Black et Iverse, 1994), d'où l'importance de régler les problèmes identifiés le plus tôt possible.

Ainsi, il faut reconnaître les projets hors cible pour que les équipes multidisciplinaires puissent les ajuster rapidement selon les objectifs définis. Sinon, ces projets ne seront pas en mesure de rencontrer les objectifs principaux en terme de coûts, de qualité et de délai (Stewart, 1993). D'ailleurs certains exemples de symptômes sont facilement distinguables (Clausing, 1994; Stewart, 1993):

- . Facteurs de succès non clairement établis
- . Un ou plusieurs retards sur certaines dates importantes de l'échéancier
- . Un ou plusieurs problèmes techniques mineurs retardant le projet
- . Certains départements, comme méthode, qualité, service à la clientèle, etc., affirment qu'ils connaissent peu l'implication du projet
- . Pourcentage élevé d'altérations au design
- . Augmentation de 15 à 25% du coût du produit (*Unit Manufacturing Cost*)
- . Diminution de 15 à 25% du revenu estimé
- . Produit ne satisfaisant pas adéquatement les besoins des clients.

4.3.2 LA PROCÉDURE DES BARRIÈRES

Établir un système de contrôle devient un facteur critique pour la réussite à long terme du développement d'un produit (Shina, 1992). La compagnie Northern Telecom a

développé une procédure particulière pour suivre le déroulement des projets; la procédure des barrières (*the Gate Process*) (Dransfield, 1994; Ettlíe et Stoll, 1990). Cette procédure a été introduite en 1985 pour faciliter l'accomplissement de l'ingénierie simultanée, la planification et le contrôle des ressources, tout en fournissant une aide et de la discipline aux différents intervenants tout au long du processus de développement.

En général, pour effectuer le suivi d'un projet, le déroulement de la conception est divisé en différentes étapes facilitant la progression du programme structuré (Clausing, 1994). Ces étapes sont soulignées par la finalisation d'une tâche ou par une date précise du programme structuré, et elles répondent chacune à un objectif précis relatif à celui-ci (Shina, 1994). Ainsi, à la fin de chaque étape, les équipes multidisciplinaires et les membres de la direction sélectionnée se réunissent afin de réviser le statut du projet en termes d'objectifs rencontrés, d'analyses et de recommandations. Ensuite, ils effectuent les prises de décisions qui s'imposent et prennent les engagements à considérer pour la prochaine étape.

Dans le cas de la procédure des barrières de Northern Telecom, les étapes représentent les phases du programme structuré et, généralement, la fin de chaque phase se termine par une barrière (Ettlíe et Stoll, 1990). Pour passer ces barrières, afin de poursuivre le programme structuré, une réunion formelle avec les intervenants nécessaires est entreprise pour évaluer le statut du projet. Si le projet dévoile des défaillances, trois choix peuvent être considérer (Stewart, 1993; Ettlíe et Stoll, 1990):

- . Annuler le projet
- . Le projet doit être repris pour corriger les défaillances et doit repasser par la même barrière
- . Le projet peut continuer, mais il devra corriger les défaillances observées avant de passer la prochaine barrière.

En résumé, le processus chez Northern Telecom comprend 4 phases principales comprises dans le programme structuré développé auparavant (Dransfield, 1994; Etlie et Stoll, 1990): l'initiation du projet, la définition, le développement et la vérification. À chacune de ces phases correspond une barrière précise. En adaptant ce principe au programme structuré, nous obtenons la figure 14, démontrant les principales barrières.

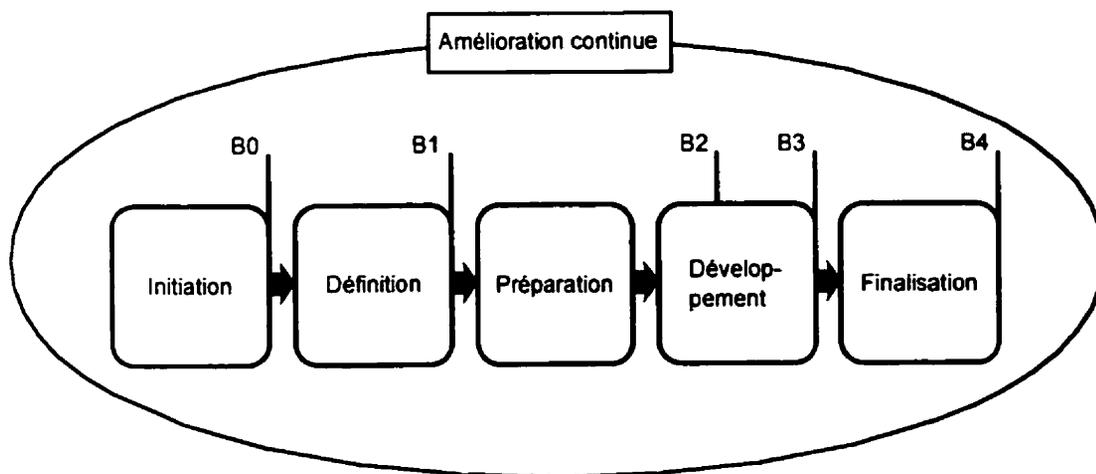


Figure 4.4 – Processus de barrières

- B0:** Cette barrière permet de sélectionner les projets correspondant à la stratégie globale de l'entreprise, par exemple, si l'opportunité identifiée est réalisable, si elle est basée sur l'expertise de l'entreprise, si les éléments de performance définis se révèlent pertinents. Les personnes effectuant cette barrière proviennent de la haute direction.
- B1:** Celle-ci permet d'évaluer les éléments considérés dans le plan d'affaire, l'étude de la capacité des ressources de l'entreprise, etc. . Le comité directeur et/ou les équipes de gestion des systèmes et l'équipe d'intégration effectuent cette révision devant la haute direction en fonction de l'ampleur du projet.
- B2:** Les participants des prochaines barrières se distinguent par l'incorporation des équipes multidisciplinaires. Ces derniers dévoilent le statut du projet devant le comité directeur et/ou les équipes de gestion des systèmes et l'équipe d'intégration. En particulier, cette barrière permet de s'assurer que les spécifications fonctionnelles du produit sont définies convenablement et répondent bien aux exigences des clients, et que le concept de développement est établi en un système intégré.
- B3:** Cette barrière a pour but de vérifier le produit complété qui a été testé selon les conditions probables d'utilisation extrême faites par les clients

potentiels sur le produit. Cette révision est la dernière concernant le produit avant de lancer le produit sur le marché préalablement ciblé.

B4: Cette dernière barrière consiste seulement à s'assurer que l'acceptation du produit sur le marché se déroule bien et qu'il n'y a pas de problèmes de service. Ainsi, les équipes multidisciplinaires transfèrent totalement la responsabilité du produit aux opérations courantes.

Cependant, il est à noter qu'il peut exister des barrières intermédiaires, principalement entre B2 et B3, afin de répondre aux exigences propres de la conception du produit. Par exemple, les équipes multidisciplinaires peuvent insérer une barrière B2A pour pouvoir faire évaluer un prototype ou des parties du produit déjà conçues.

Un dernier point à souligner, est que la prise de décision, de faire passer un projet à travers une barrière, ne doit pas être trop rigide. Car, il faut considérer chaque révision comme un cas particulier afin de laisser de la place au risque, surtout lorsqu'il est question d'un nouveau produit ou lorsque l'introduction rapide du produit sur le marché est vitale. Ainsi, les barrières sont mises en place afin de constater si le projet s'éloigne de ses objectifs et de trouver les palliatifs pour redresser la situation, avant que le projet atteigne un retard irréversible et des coûts exorbitants. Donc, il faut un système de contrôle assez souple afin de fournir une solution appropriée à chaque problème.

4.3.3 L'INSERTION DES ÉVÈNEMENTS OU DES ATELIERS

Le concept des événements ou des ateliers (*Events or Workshops*) provient de la compagnie Hugues Aircraft Co. (Mackey et Carter, 1994). Les ateliers se définissent simplement comme les barrières vues à la section 4.3.2, c'est-à-dire que ce sont des réunions formelles performées par des équipes multidisciplinaires afin d'établir le statut du projet de développement. Cependant, les ateliers sont planifiés de façon à répondre directement aux besoins des clients. De façon particulière, les besoins des clients ont été identifiés, ceux-ci correspondent à des fonctions ou des tâches reliées au développement du produit, et les ateliers viennent mesurer la performance de ces fonctions ou de ces tâches. Ainsi, le concept des ateliers ne remplace pas un système de contrôle comme le processus des barrières, mais le renforce plutôt en concentrant les efforts des équipes multidisciplinaires sur les fonctions ou les tâches qui vont amener de la satisfaction aux clients.

Par exemple, chez Hugues Aircraft Co., les équipes multidisciplinaires ont le choix parmi 83 ateliers regroupés dans une matrice. Ils choisissent les ateliers les plus utiles répondant adéquatement aux besoins des clients et les incorporent dans l'échéancier prévu pour développer le produit selon l'ingénierie simultanée. Alors, le système de contrôle reflète de manière plus appropriée les particularités du projet.

4.3.4 LE DÉROULEMENT DES RÉUNIONS

En général, avant d'entreprendre une réunion, il faut que celle-ci soit parfaitement planifiée pour la rendre efficace (Sater-Black et Iversen, 1994). Il faut alors définir par écrit le but principal recherché de la réunion, son étendu, ses objectifs, les sujets à être abordés et les participants. Il faut également déterminer l'échéancier, en relation avec les activités à être abordées, qui devra être respecté tout au long de la réunion. Finalement, ces éléments devront être publiés dans un ordre du jour et transmis à chacun des participants. On pourra accompagner cet ordre du jour d'une liste regroupant des questions préparatoires concernant celui-ci sur des éléments particuliers comme les requis des clients, de la fabrication, les coûts ciblés, etc. . Cela va leur permettre de préparer adéquatement le matériel pour la réunion et de se concentrer sur les sujets à aborder. Ainsi la participation lors de la réunion sera facilitée et celle-ci se révélera efficiente.

De plus, on peut décomposer le déroulement d'une réunion en trois éléments distincts (voir figure 15):

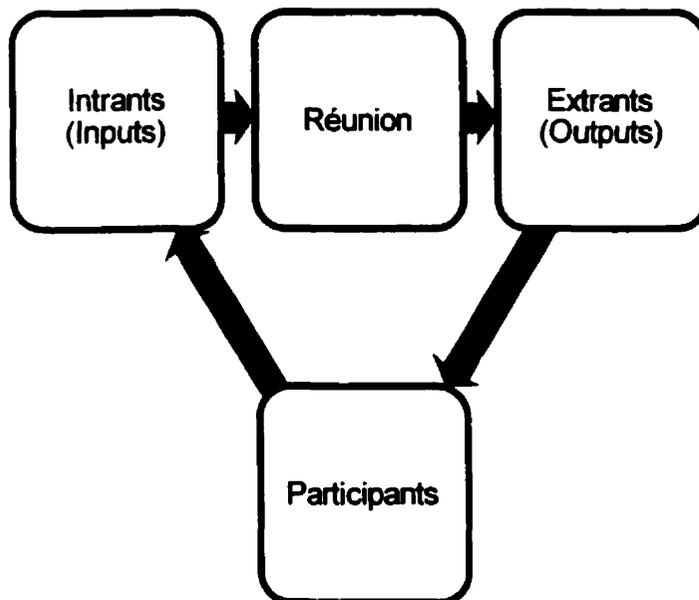


Figure 4.5 – Éléments des réunions

Intrants: On doit retrouver tous les documents nécessaires pour assurer le bon déroulement de la réunion. Ces renseignements obtenus au cours du projet, comme des données historiques, des résultats de tests, etc., sont amenés par les participants qui se sont auparavant préparés pour cette réunion.

Réunion: Chaque intervenant doit participer activement et chacun doit être autorisé à participer à la prise de décision. Sans compter que chacun devra posséder l'habileté et la responsabilité d'implanter les actions décidées au cours de la réunion.

Extrants: De façon générale, les extrants devront inclure les minutes de la réunion, une description des décisions prises, la formulation des plans d'action, les documents regroupant les différents questionnaires et pense-bêtes (*checklists*) pouvant être utilisés au cours de la réunion et la quantification des engagements convenus. Il sera nécessaire par la suite d'envoyer une lettre à chacun des participants pour résumer les différents points abordés lors de la réunion. Tous ces extrants sont indispensables car ce sont eux qui vont assurer l'implantation des objectifs envisagés durant la réunion.

Un dernier élément à considérer lors du déroulement de la réunion, serait de faire remplir un questionnaire par les participants afin de vérifier le processus de la réunion et non son contenu (Mackey et Carter, 1994). Ce questionnaire comprendrait des questions permettant de découvrir si le temps passé à la réunion était profitable, si la réunion s'est déroulée selon l'ordre du jour, si cet ordre du jour était pertinent, si les extrants et les décisions prises supportent les objectifs à long terme du projet, si les participants ont confiance dans l'implantation des décisions, par exemple.

4.3.5 LES ÉLÉMENTS DE MESURE

4.3.5.1 Les délais

Afin de pouvoir suivre la progression du processus de développement, plusieurs aides visuelles sont disponibles (Shina, 1992; Stewart, 1993):

Charte de Gantt Les données relatives à chaque tâche d'un projet, c'est-à-dire le début, la fin et la durée, sont tracées sur une charte en fonction du temps. De plus, les différentes relations entre les tâches peuvent y être représentées, puisqu'il faut considérer les tâches qu'il faut exécuter en premier et les tâches qui ne peuvent être commencées avant que d'autres soient terminées.

Plan Pert La représentation des différentes tâches à accomplir de cette charte se fait à l'aide de nœuds. De façon symbolique, on y représente le début et la fin de chaque tâche. Ce type de charte a pour but de représenter les relations entre les tâches, appelées des chemins. L'utilité de cette charte est de trouver le chemin critique, c'est-à-dire le chemin le plus long où aucunes tâches ne peuvent se faire en parallèle. Ainsi, les tâches ne faisant pas partie

du chemin critique peuvent glisser dans le temps jusqu'à ce qu'elles ne dépassent le chemin critique.

La charte araignée

ou radar

Cette charte offre une représentation visuelle de différents buts relatifs à un projet sur une période de temps déterminée. Son nom provient de sa forte ressemblance à une toile d'araignée ou à un radar. Chaque but identifié est gradué sur un axe partant du centre. Le temps est projeté soit de façon régulière, c'est-à-dire mensuelle, bimensuelle, etc., soit selon des périodes cibles, comme la réalisation de barrières ou d'événements. Ces différents intervalles sont représentés dans la charte sous forme de cercles concentriques. L'emphase ne doit être mise sur la proportionnalité des graduations, mais bien de faire correspondre ce que l'on recherche comme atteinte d'objectifs à une période donnée.

Il existe deux façons d'utiliser cette charte. Tout d'abord, en suivant la progression des différents buts d'un projet dans le temps ou en examinant une période précise où on retrouve la situation actuelle, la situation planifiée et même la situation de la

concurrence. Par exemple, à la figure 16¹, on peut observer ces deux situations, c'est-à-dire l'avancement d'un projet selon six objectifs différents sur quatre périodes, soit T1, T2, T3 et T4, et ensuite la comparaison des buts planifiés et actuels d'un projet tout en accordant un regard à la concurrence, à la période T1.

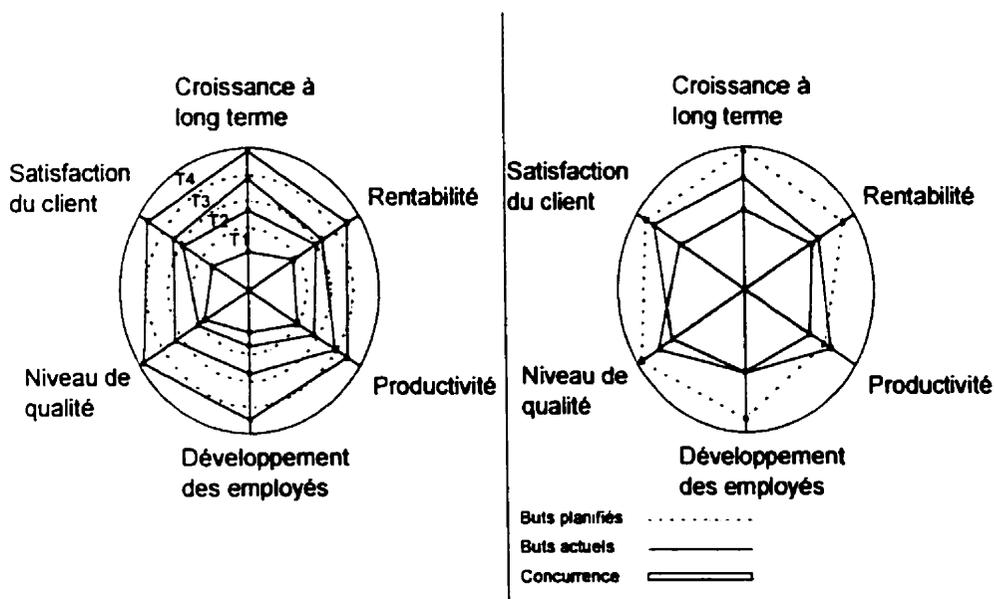


Figure 4.6 – Charte araignée

¹ Cette charte provient de l'intégration de deux exemples différents (Shina, 1992; "Hamilton Standard ...", 1994).

En résumé, ce type de charte permet d'effectuer rapidement un suivi visuel sur tous les buts importants d'un projet de façon simultanée et peut être très efficace à comparer différents groupes multidisciplinaires d'un même projet.

Ainsi, les éléments de mesure concernant les délais se révèlent nécessaires afin de suivre adéquatement la progression d'un projet. Il est également important d'effectuer le suivi de la réalisation des décisions majeures lors d'une barrière ou d'un événement. En s'inspirant de la méthode proposée par Hugues Aircraft Co. (Mackey et Carter, 1994), un tableau standard est considéré pour refléter cette progression (voir figure 17).

Les rangées de ce tableau correspondent aux différentes étapes pour concevoir un produit, tandis que les colonnes décrivent la composition des membres de l'équipe multidisciplinaire. De cette façon, chaque participant inscrit le pointage correspondant au pourcentage d'implantation des décisions envisagées pour compléter une barrière ou un événement, tout en situant ce pointage parmi les étapes de conception.

En dernier lieu, cette méthode de contrôle peut se faire de façon régulière, en révisant ces tableaux lors de la tenue de barrières ou d'événements, ou de façon sporadique afin de prendre le pouls du projet en cours de route. Tous ces points de contrôles sont disposés sur un graphique décrivant facilement la progression du projet

(voir figure 18).

Concept	Initiation	Définition	Préparation	Développement	Finalisation
Marketing					
Ingénierie					
Méthode					
Fabrication					
Planification					
Qualité					

Pointage: 0 - si l'implantation échoue
 1 - 1 à 19% implanté
 2 - 20 à 79% implanté
 3 - 80 à 100% implanté

Figure 4.7 – Tableau standard et son système de pointage

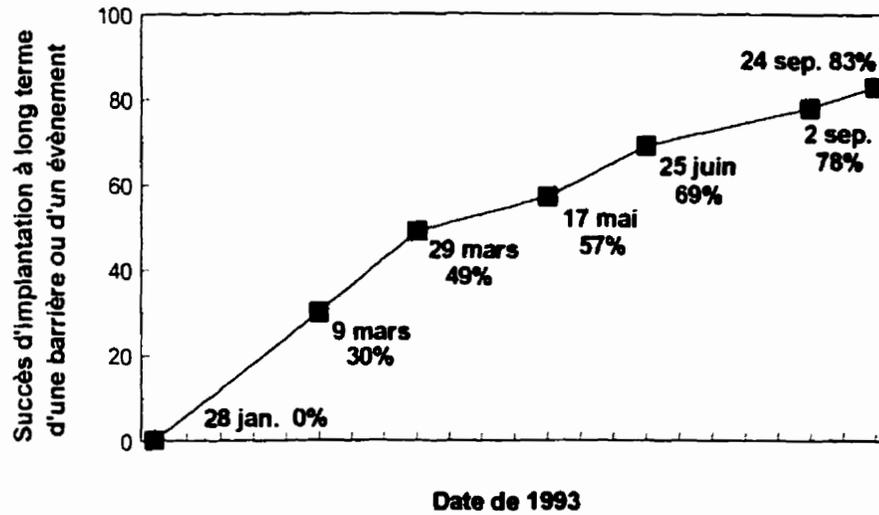


Figure 4.8 – Graphique démontrant la progression d'une implantation des décisions prises lors d'une barrière ou d'un événement

4.3.5.2 Les coûts

Selon le même ordre d'idée qu'à la section précédente, il faut, dans un premier temps, contrôler la progression du projet de développement en terme de coûts. Cette progression peut être mesurée à partir de trois indices qui ont été développés chez Canadair. Ces trois indices sont:

CBTP: Coût budgétisé du travail planifié.

Cette valeur provient de la répartition dans le temps des coûts reliés au travail qui a été planifié.

CRTE: Coût réel du travail exécuté.

Le coût du travail qui a réellement été exécuté à une période précise.

CBTE: Coût budgétisé du travail exécuté.

Cette valeur représente où le projet devrait être selon les coûts observés pour le travail exécuté.

En regroupant les résultats obtenus pour différentes périodes, les trois indices sont alors déployés sur un graphique dont l'ordonnée représente les coûts et l'abscisse, le temps. Alors, en traçant les trois courbes reliées à ces indices, cela permet d'effectuer visuellement le suivi de la progression du projet en terme de coûts (voir figure 19).

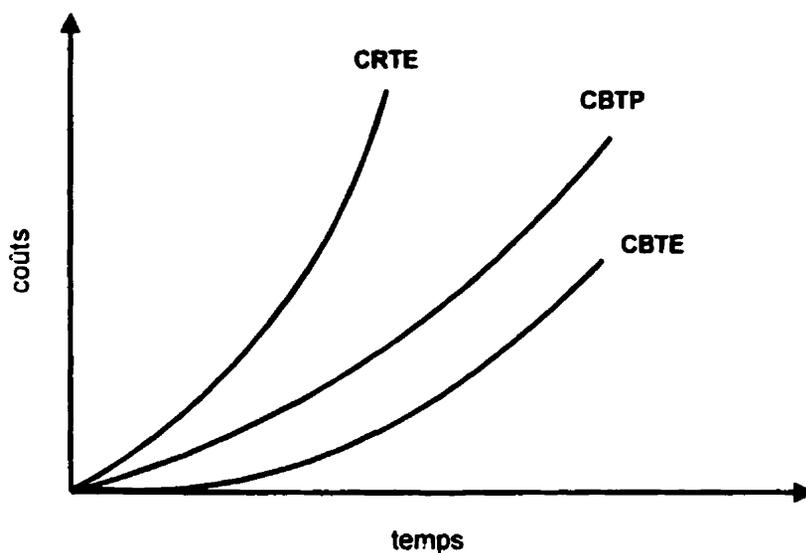


Figure 4.9 – Figure représentant les courbes des trois indicateurs de coûts

Le calcul des indicateurs de progression peut s'effectuer directement avec les résultats obtenus pour tracer les courbes ou à l'aide des différentes courbes obtenues à la figure 19. Ainsi, en partant d'une période précise, nous pouvons tracer une droite verticale pointillée coupant les courbes CRTE et CBTE en deux points. Ensuite, en partant du point obtenu sur la courbe CBTE, une droite horizontale vient rencontrer la courbe CBTP en un point (voir figure 20). Les trois valeurs ainsi obtenues se révèlent être les trois indices nous permettant de retrouver les indicateurs nécessaires au suivi de la progression du projet. Ces indicateurs sont aux nombres de trois, c'est-à-dire l'indicateur de variance, de révisions d'estimation et de performance.

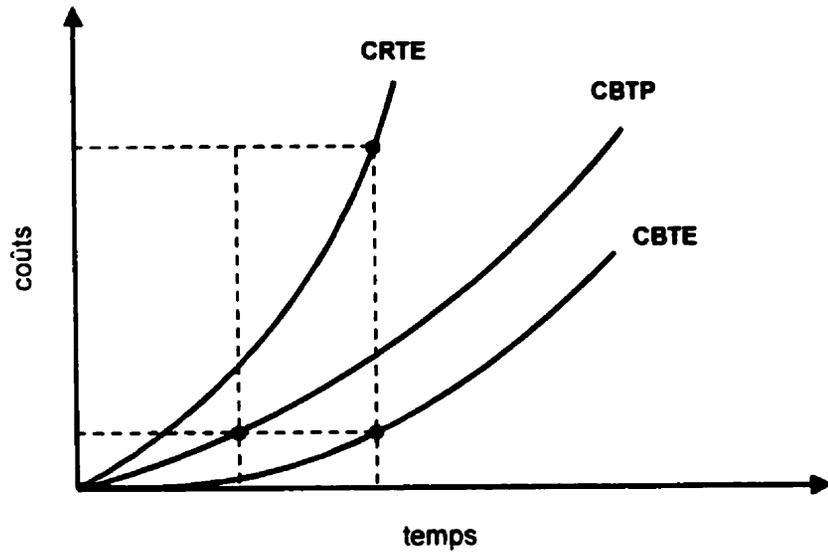


Figure 4.10 – Figure représentant les courbes des trois indicateurs de coûts à un moment précis

Indicateurs de variance:

VA: Variance à l'avancement
 CBTE - CBTP

VC: Variance des coûts
 CBTE - CRTE

Indicateurs de révisions d'estimation:

ERE: Estimation révisée des délais du projet

$\frac{\text{CBTP}}{\text{CBTE}} \times \text{délai total}$

CBTE

ERC: Estimation révisée du coût du projet

$\frac{\text{CRTE}}{\text{CBTE}} \times \text{budget total}$

CBTE

Indicateurs de performance

$\frac{\text{CRTE}}{\text{CBTE}} \times \frac{\text{CBTP}}{\text{CBTE}}$

si $\frac{\text{CRTE}}{\text{CBTE}} \times \frac{\text{CBTP}}{\text{CBTE}} = 1$ aucun problème

> 1 sur performant

< 1 sous performant

En deuxième lieu, il faut mesurer l'impact du programme structuré. Cet élément de mesure est important afin de comprendre les implications en terme de coûts d'effectuer la conception selon l'ingénierie simultanée. Par contre, dans les domaines aéronautique et aérospatial, il n'existe pas de modèles de coûts pouvant incorporer la complexité, la durée et la performance des projets envisagées, tout en gardant une vision d'ensemble (Nickelson et Belson, 1991). Pour effectuer une estimation des coûts, il

faut partir de données de base fournies par les projets complétés et les extrapolées sous différents aspects pour refléter la structure de coût du projet étudié. Alors, il faut considérer les coûts pouvant être dérivés de rapports standards, les coûts reliés à la main d'œuvre comme l'estimation des heures travaillées et de la formation, tous les coûts encourus durant la conception d'un produit selon l'ingénierie simultanée et qui ne l'aurait pas été traditionnellement.

Les bénéfices se retrouvent de la même façon, c'est-à-dire qu'ils proviennent de coûts qui ont été sauvés en utilisant l'ingénierie simultanée. On retrouve, ainsi, les économies reliées à la réduction de temps de conception, à la diminution de changements d'ingénierie, à l'évanouissement des efforts d'inspection, à la modération des besoins de support après vente, etc. .

Après avoir obtenu les résultats recherchés, un certain ratio entre ces résultats permet de retrouver le retour sur investissement (Shina, 1992). Cela permet, donc, de choisir la méthode de conception appropriée, de mettre en évidence les projets intéressants pour l'entreprise et finalement, d'effectuer plus facilement la sélection de ces projets.

$$\text{Retour sur investissement} = \frac{\text{Bénéfices du cycle de conception du produit}}{\text{Coûts reliés au développement}}$$

4.3.5.3 La qualité du système de conception

Plusieurs éléments de mesure peuvent être créés afin de contrôler certains aspects explicites durant la conception d'un produit. Ceux-ci doivent être adaptés aux particularités et aux besoins de l'entreprise. Sammy G. Shina présente des exemples d'éléments de mesure concernant différents aspects du développement d'un produit. Ceux-ci sont regroupés en quatre catégories: la phase de conception, la phase de production, le processus de conception et les individus.

La phase de conception:

Les changements
d'ingénierie:

La stabilité du design

Nombre de changements après que le design sera figé
Le coût d'un changement d'ingénierie

Le nombre
d'itérations:

La simultanéité du design

Nombre d'itérations
Facteur de complexité

Niveau d'employés: Un niveau équilibré permet le succès

Nombre d'employés assignés
Nombre d'employés requis

Nombre de visites
auprès des clients:

Mieux connaître le client

Nombre de visites par équipe multidisciplinaire
Nombre de visites faites auprès des clients

La phase de production

Facilitation de
la production:

Transfert de la conception à la production

Nombre de mois de production
Pourcentage de volume réalisé

Qualité de la
conception:

Retracer les changements d'ingénierie après la mise en
production

Nombre de changements d'ingénierie répertoriés
Nombre total de pièces fabriquées

Qualité de la
production:

Rendement du produit fabriqué pour la première fois

Rendement du nouveau produit
Rendement d'un produit mature

Le processus de conception

Efficacité du
procédé: $\frac{\text{Nombre d'heures en R\&D/procédé}}{\text{Argent investi en R\&D/procédé}}$

Investissement dans
l'outillage: $\frac{\text{Argent investi dans l'outillage}}{\text{Budget en R\&D}}$

Les individus

Évaluation de
la performance: Pourcentage de projets à temps/individu

Nombre de projets
complétés: $\frac{\text{Indice de satisfaction de l'employé}}{\frac{\text{Nombre de projets complétés}}{\text{Nombre de projets commencés}}}$

La formation: $\frac{\text{Indice de l'investissement réservé aux individus}}{\text{Nombre d'heures/individu}}$

Taux de roulement: **Indice de satisfaction des employés**

Taux de roulement/année

CHAPITRE 5 - LES OUTILS DE L'INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Tout au long des chapitres précédents, nous nous sommes intéressés à la définition de l'ingénierie simultanée et à l'élaboration de son déroulement. Durant ce processus, l'utilisation et le développement d'outils d'aide à la décision, d'analyse et de développement par les membres des équipes multidisciplinaires sont absolument nécessaires pour faciliter et solidifier la base des actions quotidiennes. D'ailleurs, l'ingénierie simultanée ne peut être réalisée sans ces différents outils (Albin et Crefeld III, 1994).

5.1 OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

5.1.1 LE PROCESSUS DE SÉLECTION DE CONCEPTS DE PUGH

Le processus de sélection de concepts de Pugh (*Pugh Concept Selection Process*) est un outil visuel permettant d'effectuer une sélection entre différents concepts selon une approche dynamique et itérative (Clausing, 1994). En résumé, cette approche consiste simplement à comparer les concepts choisis à un concept de référence selon divers critères.

À l'intérieur d'une matrice, on insère au-dessus de chaque colonne les différents concepts qui seront évalués selon les critères placés dans les rangées (voir la figure 21). Généralement, on peut retrouver plus de 15 concepts et entre 15 à 20 critères de sélection. Afin d'effectuer la comparaison, il faut choisir un concept qui servira de donnée de base (datum). Ainsi, l'équipe multidisciplinaire effectue une évaluation très sommaire des concepts et choisi celui qui semble être le meilleur. Une fois déterminé, celui-ci est identifié clairement dans la matrice.

Critères	Concepts				D A T U M		
							
A	+	-	+				
B	+	S	-				
C	-	+	-				
D	S	S	+				

Figure 5.1 – Exemple d'une matrice du processus de sélection de concepts de Pugh

Ensuite, l'équipe multidisciplinaire passe un critère à la fois pour chaque concept et le compare au "datum". Ainsi, chaque membre de l'équipe a la possibilité d'expliquer les concepts selon les divers critères et d'éclaircir la perception initiale de chacun pour

augmenter la compréhension individuelle des concepts. Chaque critère est alors pondéré selon une échelle simple:

- + pour les concepts nettement supérieurs
- s pour les concepts similaires
- pour les concepts clairement inférieurs

Il est à noter que les participants peuvent évaluer les concepts à l'aide de chiffres. Par contre, il est plus productif de minimiser le rôle de l'échelle de pondération et de se concentrer sur l'éclaircissement des différents concepts. L'avantage des "+,- et s" est de faciliter la compréhension des concepts et qui, au cours de la discussion, peut faire émerger de nouveaux concepts supérieurs. C'est pour cette raison qu'il ne faut pas élargir l'échelle avec des "++" et des "--", par exemple, car cette action risque de restreindre l'émergence de nouveaux concepts en limitant la créativité. De toute façon, le meilleur concept va se distinguer des autres à l'aide du processus d'itération.

Chaque nouveau concept qui surgit est ajouté à la matrice afin d'être évalué également. Ces nouveaux concepts peuvent provenir de la combinaison de plusieurs concepts ou de l'amélioration d'un autre au cours de la discussion. Une fois l'exercice terminé, la somme de chacun des concepts est effectuée au bas de chaque colonne. Par exemple 3+, 2 s et 10- donnent un total de -7, puisque les s ne comptent pas. En général, la moitié des concepts originaux vont être éliminés et de meilleurs concepts

seront ajoutés.

La fin de la réunion sera pour planifier le travail à effectuer avant de s'asseoir de nouveau pour évaluer les concepts restants. Alors, il faudra aller chercher plus d'information, de conduire de nouvelles analyses et d'accomplir certaines expériences. La durée moyenne d'une réunion s'étend sur une demi-journée. Si la réunion dépasse une journée, alors les participants font beaucoup plus que d'évaluer les concepts avec des "+, - et S".

Par la suite, l'équipe se réunira de nouveau afin de rouler la matrice de nouveau. Un nouveau "datum" sera choisi non pas pour évaluer le meilleur concept, mais pour atteindre un plus haut niveau de compréhension puisque le nouveau "datum" apportera une nouvelle perspective. Celui-ci permettra de clarifier les forces et les faiblesses de la relation entre les concepts. Ce processus continuera jusqu'à ce qu'un consensus soit atteint sur un concept dominant. Ce processus itératif est représenté à la figure suivante.

Les avantages d'utiliser cet outil se résument premièrement par le fait qu'il élimine les vices de procédures. Deuxièmement, il permet à l'équipe de travailler avec un concept solide qui leur évitera d'effectuer des changements au cours du processus de développement. Finalement, il développe un sentiment d'appartenance de chaque membre envers le concept dominant puisqu'il ne résulte pas d'une négociation politique entre les différents services.

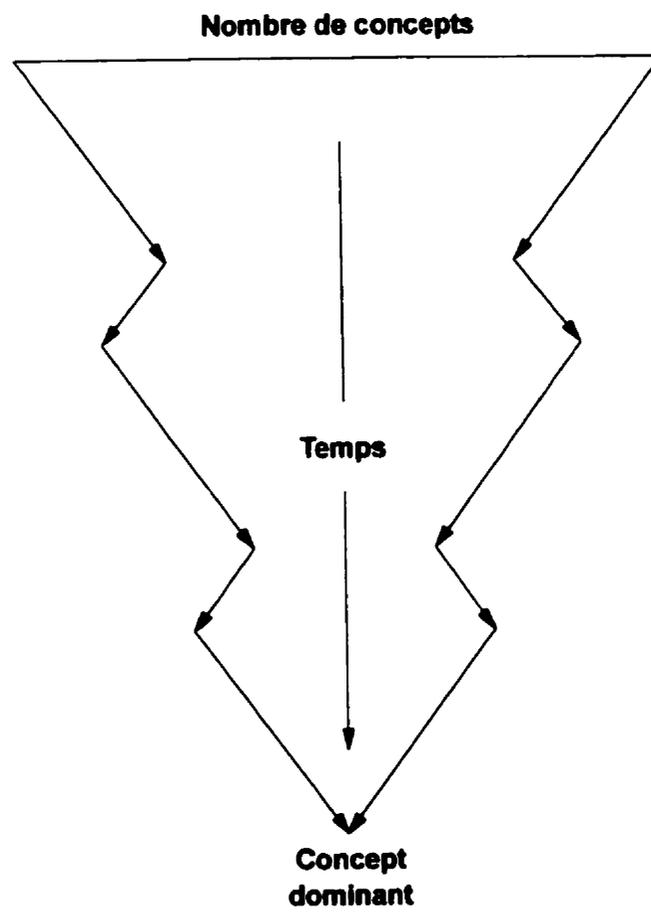


Figure 5.2 – Processus itératif convergeant vers un concept dominant

5.2 OUTILS D'ANALYSE

5.2.1 ANALYSE DE DÉFAILLANCE

Pour bien entreprendre le processus de développement, il faut identifier les paramètres critiques qui influenceront directement la conception d'un produit. Pour faciliter l'analyse de ces critères, des outils graphiques sont utilisés comme les diagrammes causes-effets. Par contre, les trois outils les plus performants sont les arbres de fonctionnalité, les arbres d'anomalie et l'analyse des causes et effets des défaillances. Chacun de ces trois outils permet d'obtenir sensiblement la même information, mais sous différents angles.

Ainsi, ils présentent les mêmes critères, mais déclenchent une façon propre d'assimiler l'information. Alors, en combinant ces trois outils, cet assortiment nous fournit une analyse, la plus complète possible, appelée analyse de défaillance (*Failure Analysis*). Chacun de ces trois outils est présenté individuellement dans les sections suivantes car ceux-ci peuvent être utilisés séparément.

5.2.2 ARBRES DE FONCTIONNALITÉ (*FUNCTIONAL TREES*)

Cet outil est utilisé principalement pour guider l'aspect créatif dans le design. Ainsi, il met l'accent sur la fonctionnalité tout en considérant les coûts. De façon résumée, cet outil décompose dans un diagramme les fonctions à entreprendre pour un concept. Ainsi, chaque élément sera composé d'élément amenant des actions positives pour le concept (voir la figure 23).

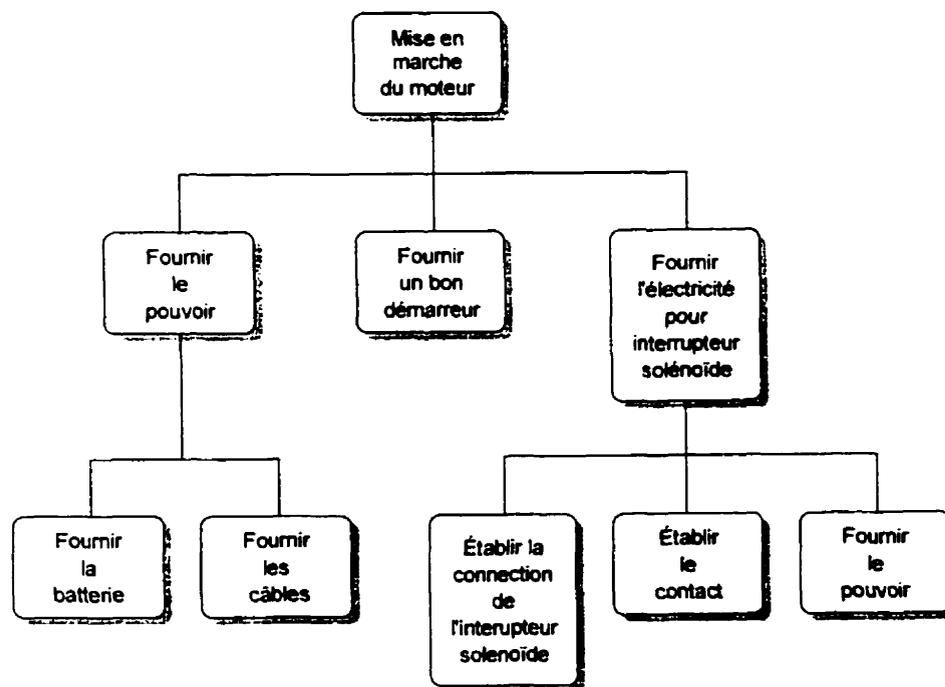


Figure 5.3 – Exemple représentant un diagramme d'arbre de fonctionnalité

5.2.3 ARBRES D'ANOMALIE (*FAULT TREES ANALYSIS*)

Cet outil ressemble beaucoup au précédent par sa forme. D'ailleurs, il identifie également les paramètres critiques qui doivent être optimisés afin d'atteindre une fonctionnalité inébranlable. Par contre, celui-ci identifie les défauts de fonctionnalité pouvant résulter des actions à entreprendre (voir la figure 24). Cette façon de procéder se révèle utile afin de mesurer et améliorer la fiabilité du concept.

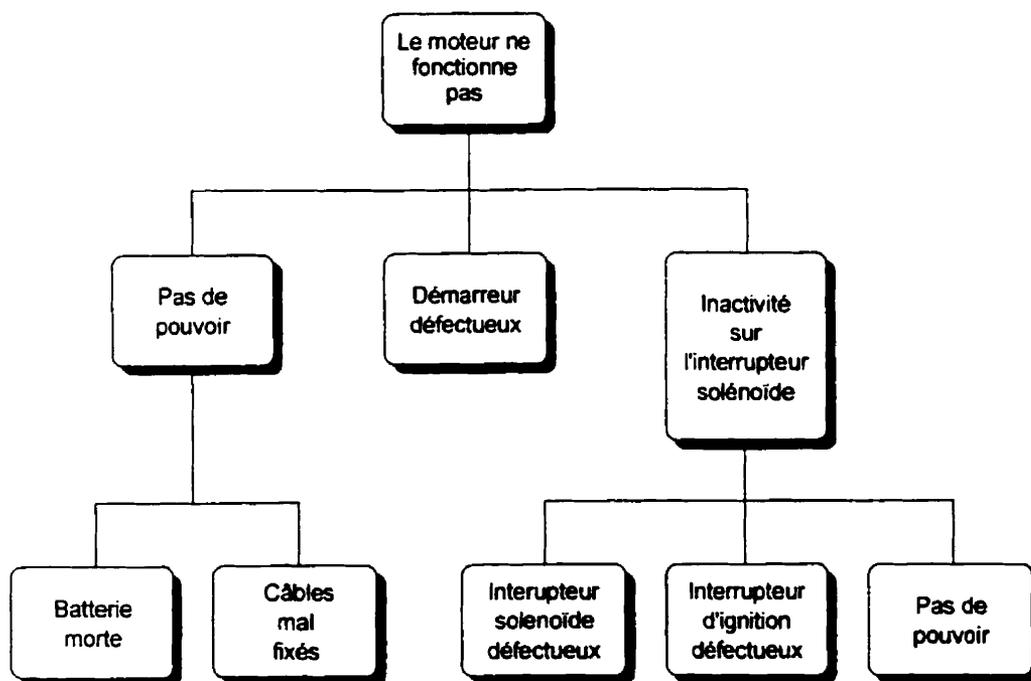


Figure 5.4 – Exemple représentant un diagramme d'arbre d'anomalie

5.2.4 ANALYSE DES CAUSES ET EFFETS DES DÉFAILLANCES (*FAILURES MODES & EFFECTS ANALYSIS*)

Cet outil est similaire à l'arbre d'anomalie car il traite principalement des défauts de fonctionnalité et sert à renforcer aussi la fiabilité du concept. Mais, le présent outil va plus en profondeur puisqu'il traite d'une défectuosité à la fois. Il évalue les caractéristiques comme la gravité, la probabilité, les causes, etc. (Owen, 1992), d'un défaut de fonctionnalité en particulier et les présente dans un tableau exhaustif (voir la figure 25).

Défectuosité	Effets	Causes	Contre-mesures	probabilité	pièces	etc.
Pas de pouvoir	Le moteur ne fonctionne pas	1. Batterie morte
		2. Câbles mal fixés

Figure 5.5 - Exemple représentant un tableau d'analyse des causes et effets des défaillances

5.3 OUTILS DE DÉVELOPPEMENT

5.3.1 INTÉGRATION DES BESOINS MANUFACTURIERS DANS LA CONCEPTION (DFM, DFX, DFA)

Un des concepts majeurs qui vient renforcer l'ingénierie simultanée est la conception intégrant les besoins du secteur manufacturier (*Design For Manufacturing - DFM*). Le DFM est une philosophie très simple qui se résume ainsi : toute décision, grande ou petite, touchant la conception va avoir des conséquences sur la fabrication, la productivité et le cycle de maintenance du produit (Ettlie et Stoll, 1990). Ainsi, une entreprise ne peut atteindre des objectifs de qualité et de coûts en isolant la conception et les opérations de fabrication et d'assemblage (Stoll, 1990). D'ailleurs, on peut également considérer dans ce concept, l'impact sur la fiabilité, la sécurité, la stabilité et toute autre considération concernant la performance et la fonctionnalité du produit. En étendant ce rôle au-delà des considérations manufacturières, il émerge le concept de conception pour X¹ (*Design for X- DFX*) (Gatenby et autres, 1994).

¹ Le X englobe toutes les considérations

Cette approche consiste donc, à optimiser les relations entre les matériaux, les technologies envisagées et les considérations manufacturières au stage de la conception (Foreman, 1990). Le but recherché est de diminuer le coût, d'améliorer la qualité et de focaliser sur un effort d'équipe. Le processus de cette philosophie peut se simplifier ainsi (Ettlie et Stoll, 1990):

- Éliminer : Minimiser le nombre total de pièces

- Simplifier : Toutes les pièces, restantes après l'élimination, doivent être facile à produire, à assembler, à manipuler et à maintenir

- Standardiser : Partout où cela est possible afin de faciliter le niveau de productivité désiré; interchangeabilité, interfaces simplifiées, disponibilité des composantes, consolidation efficace des pièces et leur fonctionnalité, etc.

Par contre, il faut intégrer l'approche décrite ci-dessus, dans un processus complet (Stoll, 1990). Le processus typique, qui est représenté à la figure suivante, commence par l'établissement d'un plan d'ensemble comprenant un plan manufacturier et les orientations de développement. Toutes les autres étapes sont interreliées dans un processus itératif et d'amélioration continue jusqu'à la conclusion du développement. Tout d'abord, on procède à la conception tout en considérant l'intégration des considérations manufacturières en parallèle. Ensuite, les étapes d'élimination, de simplification et de standardisation sont entreprises. Cette étape devrait être simplifiée

grâce au plan d'intégration préalablement remis. Puis, la conformité de conception et d'opération doit être assurée en vérifiant les concepts de fabrication. Finalement, on procède à l'optimisation des fonctionnalités du produit. En procédant de cette façon, lors de l'optimisation du produit, il est certain que les besoins manufacturiers sont considérés puisqu'ils sont intégrés au tout début de la conception.

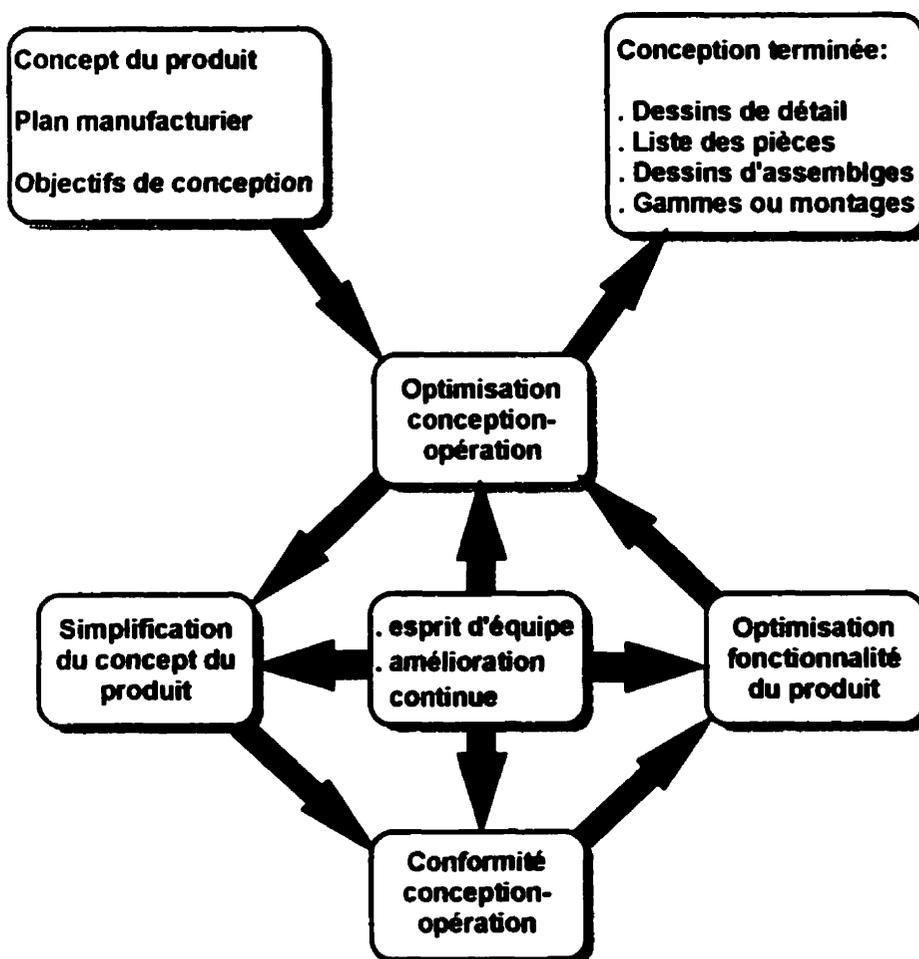


Figure 5.6 - Processus typique du DFM

De plus, toute entreprise désirent implanter cette approche, doit le faire avec minutie. Tout d'abord, il faut choisir un projet de faible envergure pour pouvoir mesurer des résultats concrets et démontrer que cette approche fonctionne (Ettlie et Stoll, 1990). Une façon d'introduire la philosophie du DFX est de commencer par la conception intégrant les besoins d'assemblage (*Design For Assembly - DFA*).

Cette approche a été développée par G. Boothroyd et P. Dewhurst en 1987. Puisque le coût d'assemblage est largement déterminé au stade de la conception, les gens faisant partie de l'équipe de développement doivent toujours être au courant de la façon dont les composantes vont être assemblées, doivent justifier, en terme de concept et de coût, le requis de plusieurs pièces séparées au lieu d'une (Boothroyd, G., Dewhurst, P., p.v). Il ne faut jamais oublier que le but est de réduire le nombre de pièces individuelles différentes et que les restantes doivent être facilement «fabricables» et «assemblables».

Le DFA suit une méthode formelle et quantitative selon un processus étape par étape. Tout d'abord, il faut identifier la méthode d'assemblage qui est la plus économique¹ (voir figure 27). Ensuite, analyser les composantes existantes selon des tables prédéfinies en fonction des formes géométriques des pièces. Ces tables donnent des valeurs aux pièces provenant d'étude de temps et mouvements. On regroupe alors

¹ En fonction du volume de production, du nombre de pièces qui composent l'assemblage, des équipements disponibles, etc.

les valeurs dans un tableau, on analyse le résultat obtenu et on calcul le résultat potentiel. Si le résultat potentiel est inférieur au résultat obtenu, on procède à une nouvelle analyse du concept d'assemblage jusqu'à ce qu'on obtienne des résultats satisfaisants.

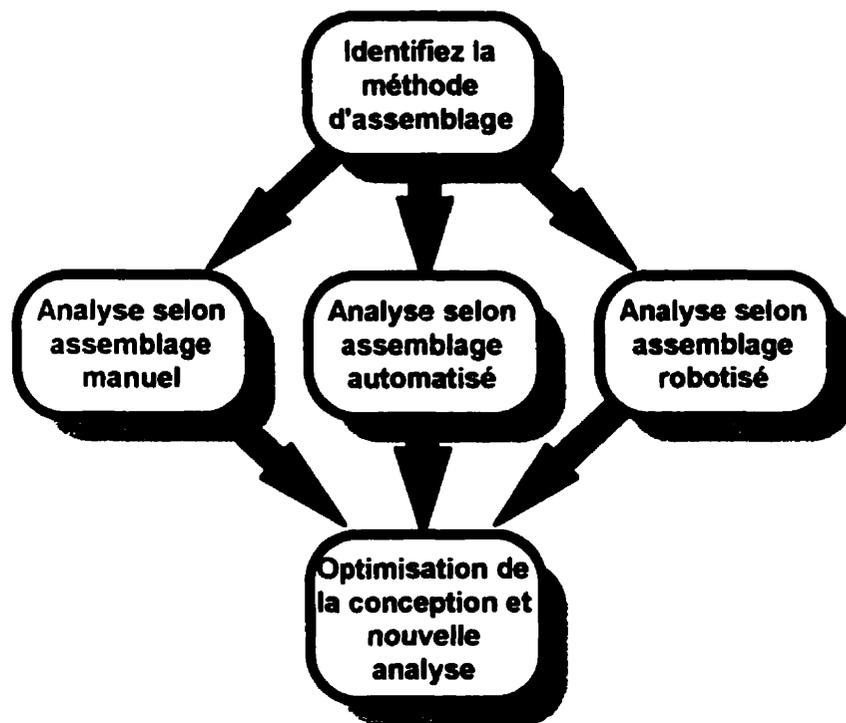


Figure 5.7 – Étapes de l'application du DFA

Afin d'illustrer cette approche, voici un exemple sur l'assemblage manuel. Cet exemple démontre l'application de la méthode sur un sous-ensemble simple, un piston pneumatique. La figure 28 illustre les résultats obtenus sur le piston existant. Cet assemblage est composé de 6 pièces différentes. Le temps d'assemblage théorique est

de 42.25 secondes et le coefficient d'efficacité du design est de 0.29.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Name of Assembly Pneumatic Piston	
Part ID No	Quantity	Two-Digit Manual Handling Code	Manual Handling Time per Part	Two-Digit Manual Insertion Code	Manual Insertion Time per Part	Operation Time, sec (2) x [(a) + (b)]	Operation Cost, cents 0.4 x (7)	Estimated theoretical minimum parts		
1	1	30	1.95	00	1.5	3.45	1.36	1	Main block	
2	1	10	1.5	02	2.5	4.00	1.6	1	Piston	
3	1	10	1.5	00	1.5	3.00	1.2	1	Piston Stop	
4	1	05	1.84	00	1.5	3.34	1.34	1	Spring	
5	1	23	2.36	08	6.5	8.86	3.54	0	Cover	
6	1	11	1.8	39	8.0	19.6	7.84	0	Screw	
						42.25	16.90	4	Design efficiency = $\frac{1.36 \times 4}{16.90} = 0.29$	
						TM	CM	NM		

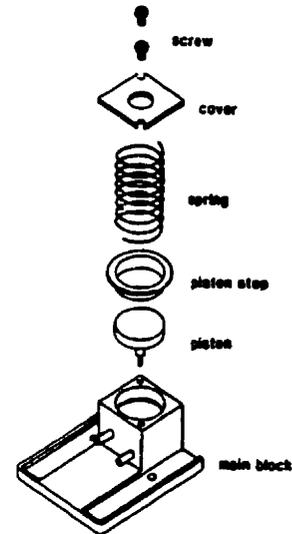


Figure 5.8 – Étude du produit existant

En examinant la colonne 9 du tableau concernant le produit existant, on remarque qu'il y a un potentiel d'élimination de pièces. Ainsi, les vis et le couvercle pourraient être éliminés. Dans le cas des vis, ces pièces sont potentiellement redondantes et c'est spécifiquement le cas de la plupart des pièces dont la fonction est de retenir d'autres pièces. En considérant la force du ressort exercée sur le couvercle, même en état de compression, un couvercle se coinçant lui-même serait approprié.

Le couvercle également semble redondant. En examinant bien le couvercle et la pièce arrêtant le piston, on remarque que c'est deux pièces n'ont pas besoin d'être composé de deux matériaux différents, ne bougent pas en relation l'une de l'autre et ne sont jamais séparées. Ces deux pièces devraient donc, être conçues en une seule pièce.

De plus, en regardant les colonnes (4) et (6), un problème au niveau du temps de manutention surgit concernant l'assemblage du couvercle et des vis. Par contre, ce problème a déjà été adressé auparavant et devrait être résolu.

Finalement, la dernière remarque concerne le piston puisque celui-ci semble être facile à manipuler, mais difficile à assembler; en considérant la longueur du bout du piston, on doit relâcher ce dernier avant que le bout ne soit engagé dans le trou. Deux solutions sont possibles, soit que le bout sera allongé pour l'insérer avant de relâcher le piston ou qu'une petite poignée soit fixée sur le dessus du piston pour retenir celui-ci.

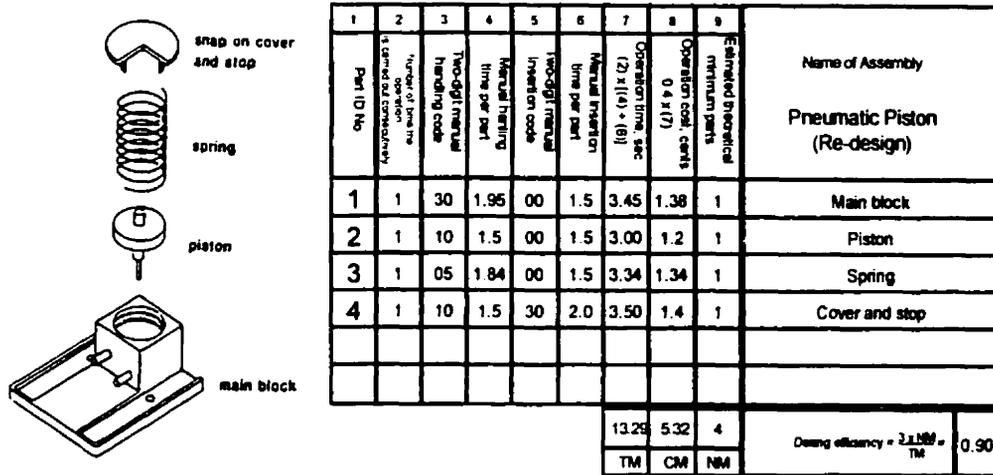


Figure 5.9 – Étude du nouveau concept de piston pneumatique

Les résultats obtenus se résument à l'élimination de deux pièces différentes, donc de trois pièces en tout et le nouveau temps d'assemblage calculé est de 13.29 secondes. Un gain de 29 secondes ait obtenu ce qui amène une amélioration de productivité de 200 %.

De plus, pour venir compléter le DFA avec la philosophie du DFX, il faut ajouter 10 principes de base (Ettlie et Stoll, 1990):

1. Réduire la complexité d'une pièce en se limitant si possible à trois axes. D'autres directions amènent une perte de temps et de mouvements, et ajoutent un risque de mauvaise qualité

2. **Minimiser le nombre de pièces différentes. Par exemple, toujours utiliser les mêmes vis, des pièces déjà conçues, et éviter toutes nouvelles...**

3. **S'abstenir d'utiliser des attaches séparées; ceci augmente la complexité de l'assemblage, ajoute des pièces et augmente le risque de mauvaise qualité**

4. **Prévoir autant que possible des accès faciles, des guides et des fixations.**

5. **Créer des pièces facilement orientables et pouvant être manipulées en maximisant la symétrie des pièces, la même dimension de pièce et en évitant la conception de pièces pouvant s'entremêler**

6. **Éliminer et simplifier les ajustements**

7. **Planifier l'aménagement et les interfaces concernant toute pièce flexible, comme des branchements électriques, des tuyaux, câble de contrôle, le plus tôt possible dans la conception afin de limiter le nombre de ces composants, pour simplifier l'assemblage et la maintenance, et pour éviter des problèmes d'intégration**

8. Éviter les problèmes aléatoires pouvant survenir lorsqu'on retrouve des connecteurs suspendus, des pièces non retenues ou des pièces à ajuster ensemble à l'assemblage.
9. Soustraire de la conception toute incertitude en évitant des possibilités nécessitant des habiletés spécialisées autant au niveau de la production, de l'assemblage ou de l'entretien. Toujours utiliser des pièces dont la durée de vie se révèle bien documentée et qui n'ont pas de caractéristiques difficiles à contrôler.
10. Développer un produit de façon à effectuer facilement et efficacement la maintenance. Toutes pièces nécessitant régulièrement de la maintenance ou un remplacement, devraient être visibles pour une inspection et accessibles. Toujours prévoir assez d'espace pour la manipulation de ces composantes et l'utilisation d'outillage. Finalement, s'assurer que chaque pièce majeure est facilement identifiable selon leur numéro de pièce et/ou de série sans devoir les enlever au préalable ou les déplacer.

Donc, le concept de DFX appliqué dans son ensemble peut devenir très avantageux, en forçant les groupes d'ingénierie et de production à considérer les besoins de chacun (Stoll, 1990). Les nombreux bénéfices se résument ainsi (Foreman, 1990; Etlie et Stoll, 1990):

- diminution du nombre de pièces donc, une réduction des risques de mauvaise qualité et des coûts d'approvisionnement
- minimisation des problèmes manufacturiers au niveau de la conception
- augmentation de l'efficacité au niveau de la production donc, diminution du coût de main-d'œuvre par produit
- amélioration de la flexibilité en ce qui concerne la conception et la production
- réduction des coûts de maintenance
- augmentation de la satisfaction de la clientèle
- amélioration de l'image de la compagnie

L'intégration de ce concept avec l'ingénierie simultanée se fait facilement puisqu'on retrouve la même orientation (Gatenby et autres, 1994). De plus, l'introduction de cet outil facilite l'implantation de l'ingénierie simultanée. Par contre, il ne faut pas confondre ces deux approches car elles peuvent être introduites de façon concurrente et complémentaire (voir figure 30¹).

¹ Cette figure provient de Gatenby et autres, 1994

L'ingénierie simultanée est indépendante du DFX:

- . Les activités de développement peuvent toucher tous les types de produits (software, hardware)
- . L'ingénierie simultanée concerne l'organisation et le suivi d'un projet dans son entier
- . L'application de l'ingénierie simultanée commence bien avant la conception du produit et concerne l'intégration des besoins des clients

On peut réaliser le DFX sans l'ingénierie simultanée:

- . Les caractéristiques du DFX peuvent être directement appliquées par les "designers"
- . On peut intégrer directement les considérations du DFX dans les outils de conception assistée par ordinateur

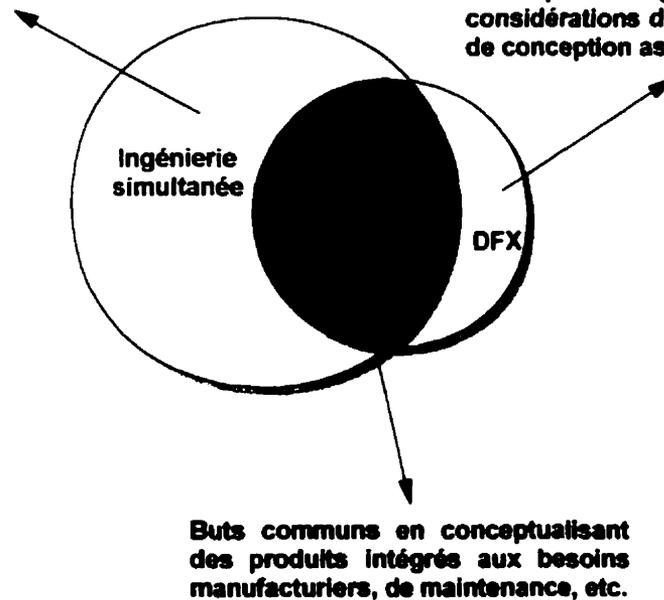


Figure 5.10 – Distinction entre l'ingénierie simultanée et le DFX

5.3.2 MODÉLISATION NUMÉRIQUE

5.3.2.1 La conception assistée par ordinateur (CAO)

Dans l'industrie, on utilise la CAO depuis environ quinze ans (Daues, 1993). Elle servait principalement à effectuer des tâches fastidieuses et qui prenaient énormément de temps comme faire des aménagements ou des ébauches. De nos jours, la CAO est intégrée directement au niveau de la conception. Elle fournit en tout temps une représentation géométrique complète d'une pièce ou d'un assemblage (Foreman, 1990). De plus, cette modélisation répond aux besoins pressants de communication et d'information au cours de la définition des concepts et des différentes phases de développement (Garrett, 1990).

Le contrôle de cet outil s'effectue une fois que le concept initial de développement est réalisé (La Bauve et Marietta, 1991). Le modèle est alors transféré dans un dossier électronique central. Tous les membres de l'équipe de développement peuvent accéder en tout temps au modèle qui est intégré à l'ensemble.

Les nombreux avantages se résument comme suit (Daues, 1993; Foreman, 1990; Garrett, 1990; Main, 1992):

- la modélisation facilite la compréhension et diminue les ambiguïtés puisque la pièce ou l'assemblage peuvent être visionnés dans tous les sens en 3 dimensions
- elle englobe beaucoup plus d'information qu'un dessin en 2 dimensions ou que les modèles en arête 3D (*wireframe*)
- les composantes déjà modélisées peuvent être incorporées facilement dans un nouveau dessin
- on peut identifier rapidement les problèmes d'interface des pièces statiques et en mouvement
- les assemblages majeurs peuvent être exposés en assemblages plus petits facilitant la compréhension et la maintenance des dessins
- le modèle numérique permet de remplacer les modèles physiques (*mock-up*) pour analyser les enveloppes extérieures complexes et les problèmes d'interface
- le logiciel permet de réaliser des calculs complexes au niveau stress et poids.

La principale contrainte de cet outil est qu'une planification rigoureuse est nécessaire pour contrôler efficacement les changements et pour adresser adéquatement les problèmes rencontrés (La Bauve et Marietta, 1991).

Un exemple d'application de CAO concerne le Boeing 777. Cet avion a été le premier appareil conçu entièrement par ordinateur (Main, 1992). Cet exploit a été rendu possible grâce au logiciel CATIA (*Computer-Aided, Three-dimensional, Interactive*

Application). CATIA a été développé par Dassault Aviation en France et IBM pour faciliter la conception d'avion de chasse. Par la suite, IBM et Boeing ont amélioré cette application pour qu'elle puisse détecter les interférences et les incongruités entre les pièces. En résumé, le Boeing 777 a été développé en 66 sections intégrées et qui comprennent 10 000 « datasets » dans CATIA offerts en tout temps (Gartz, P. E., p.634).

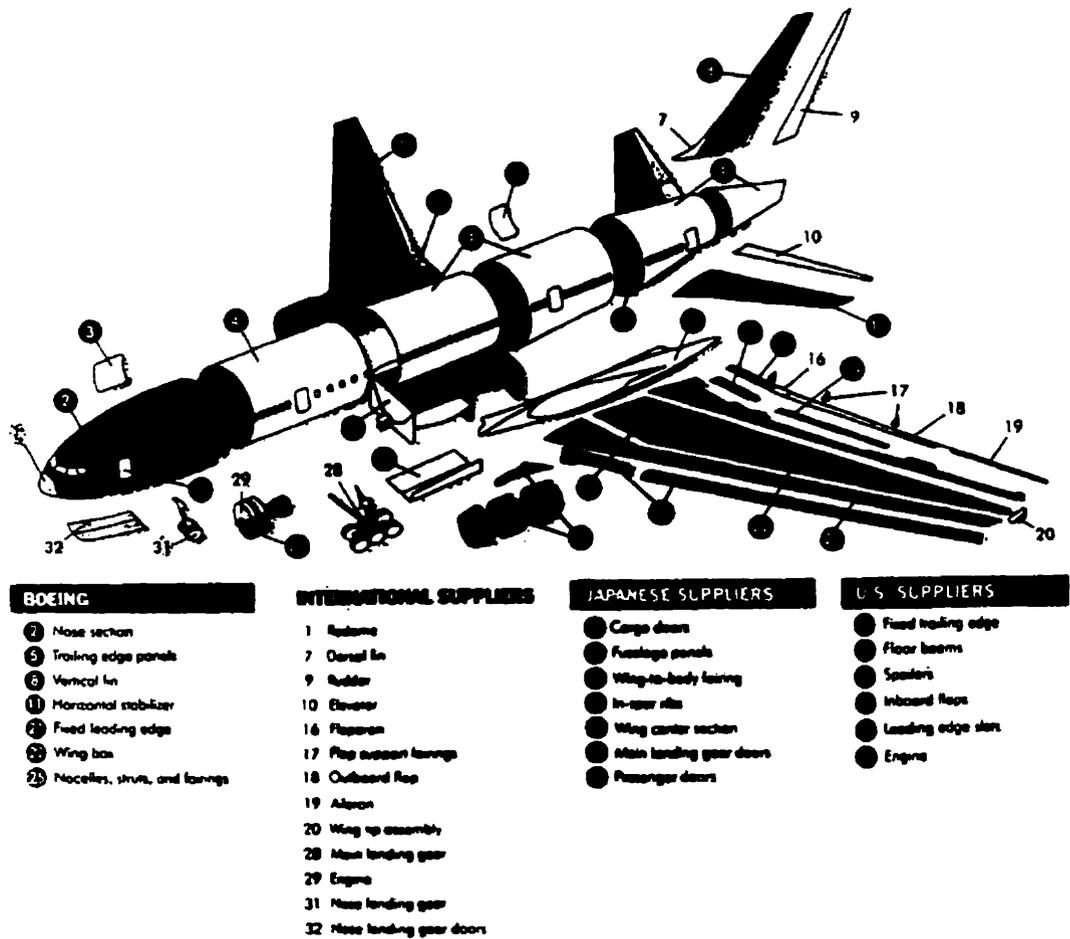


Figure 5.11 – Illustration du Boeing 777 et de ses partenaires

Boeing a également développé une petite application de simulation, le CATIA-MAN (Main, 1992). Ce logiciel simule les mouvements d'installation et de maintenance normalement effectués par un humain directement dans le modèle numérique. Ainsi, on peut voir rapidement si l'installation et la réparation de composantes peuvent être effectuées sans difficulté. Donc, Boeing obtient un avantage concurrentiel, puisque ses appareils sont conçus pour faciliter et diminuer les coûts de maintenance.



Figure 5.12 – Image du CATIA Man

Au niveau de l'ingénierie simultanée, cet outil amène des bénéfices importants pour un programme. Tout d'abord, c'est un outil de communication puisque le modèle numérisé peut être disponible et manipulé en tout temps sur un écran ou projeté sur un mur dans une salle de conférence. Ensuite, c'est un outil de compréhension en démontrant les principes de base des différents concepts rapidement dans la conception (Foreman, 1990). Il permet également d'accélérer certains processus manufacturiers. On peut transférer, par exemple, directement les données pour la programmation des machines à contrôle numérique et la conception d'outillage majeure sans avoir à recréer l'information (Daues, 1993; Garrett, 1990).

Finalement, le potentiel de cet outil du point de vue manufacturier est énorme. La CAO pourrait inclure, par exemple, de nouveaux modules comprenant les processus de fabrication et d'assemblage, intégrer directement l'outillage, référencer automatiquement les pièces (*bill of material*) et développer certains outils d'analyse servant uniquement à des buts manufacturiers.

5.3.2.2 Automatisation de l'établissement des méthodes de production

L'ingénierie simultanée nécessite un échange constant et rapide d'information afin d'intégrer les besoins manufacturiers dans le développement d'un produit. On peut faciliter cet échange à l'aide d'outils informatiques. Ainsi, de nouvelles approches

émergent comme l'automatisation de l'établissement des méthodes de fabrication et d'assemblage (*Automatise Process Planning*) à partir de l'information générée des logiciels CAO (Dong, Parsaei et Leep, 1996).

Le processus automatisé d'établissement des méthodes se révèle être un système expert qui nécessite certaines informations pour fonctionner adéquatement:

- 1) Information relevant du concept de la pièce (provenant des logiciels CAO)

- 2) Connaissances dans le domaine manufacturier
 - quels types d'outillage d'assemblage et de fabrication peuvent être requis
 - quels sont les processus d'assemblage et de fabrication pouvant être utilisés en fonction :
 - des processus économiques
 - des principes de géométrie
 - de la forme des pièces
 - des dimensions
 - des tolérances
 - de la finition des pièces
 - quelles sont les heuristiques déterminées

- 3) Capacité de raisonnement et d'intégration logique

Il ne faut pas oublier que pour un outil informatique une expression intelligible et

définie est nécessaire. Ainsi, toutes les connaissances concernant l'établissement des méthodes de production doivent être établies de façon explicite.

Finalement, afin de valider la faisabilité d'établissement automatique des méthodes de production en cours de conception, un prototype peut être établi rapidement en regroupant des caractéristiques technologiques de base de la pièce en développement. Ces caractéristiques peuvent être composées de formes géométriques ou d'entités englobant des particularités de conception ou de fabrication. Toutes les caractéristiques sont prédéfinies et classées dans une bibliothèque virtuelle offerte en tout temps.

L'avantage de cette méthode est que la conception rencontre la réalité physique des besoins manufacturiers. Par contre, une mise à jour constante des connaissances du domaine manufacturier doit être effectuée régulièrement dans le système expert, sinon les limitations du système ne rencontreront plus les réalités des besoins manufacturiers. De plus, le but de cette approche n'est pas d'oublier la fonctionnalité de la pièce au profit du processus manufacturier, mais plutôt d'intégrer ce processus dans la conception.

5.4 OUTILS D'INTÉGRATION

5.4.1 DÉPLOIEMENT DE LA FONCTION QUALITÉ (QFD)

Le dernier outil étudié au cours de ce chapitre est le déploiement de la fonction qualité (*Quality Function Deployment - QFD*). Cet outil graphique conduit une approche structurée et disciplinée permettant d'intégrer les besoins et les désirs spécifiques des clients, souvent appelés la voie du client (Brown, 1991), à travers chaque étape de conception et d'introduction d'un nouveau produit (Shina, 1992). La QFD est intimement liée à l'ingénierie simultanée puisque pour réussir à recueillir, interpréter, documenter et établir les priorités concernant la voie du client, la collaboration de tous les services est nécessaire et ce, dès le début de la définition de la conception.

Une méthode matricielle a été introduite en 1972 dans les chantiers de construction navale de la compagnie Mitsubishi du Japon afin de permettre l'amélioration considérable sur la façon d'effectuer la conception. Puis, cette technique s'est rapidement répandue, avec succès, à travers un grand nombre de compagnies japonaises. En 1984, cet outil a été introduit aux États-Unis par Don Clausing après un voyage au Japon lorsqu'il travaillait pour Xerox (Cohen, 1995). Le nom *Quality Function Deployment* dérive simplement de la traduction directe de trois caractères japonais décrits phonétiquement comme étant Hinshitsu Kino Tenkai.

La première étape¹ consiste à l'organisation initiale du projet. L'établissement des objectifs recherchés par l'étude doit être réalisé en premier lieu par la direction. Ensuite, il faut identifier le produit et les types de client sur lesquels va porter l'étude. Par exemple, il est important de déterminer si on va s'intéresser aux distributeurs, aux détaillants ou aux clients finaux, et leur attribuer une importance relative. Également, l'étude doit s'intégrer dans le calendrier de la conception du produit, c'est-à-dire introduire ses principaux événements et respecter l'échéancier établi. Finalement, la détermination des membres de l'équipe doit considérer tous les représentants nécessaires à la conception du produit.

Au cours de la deuxième étape, il faut aller chercher l'information concernant les clients et l'organiser. Ainsi, la collecte de données provient de questionnaires, d'entrevues, de revues des plaintes sur les produits existants. Ensuite, il faut organiser l'information obtenue. Un modèle développé par le consultant japonais Noriaki Kano aide à représenter la satisfaction de la clientèle à partir d'un graphique (Shina, 1992; Cohen, 1995). Ce modèle, présenté à la figure suivante, identifie trois niveaux d'opportunité permettant de catégoriser les besoins et requis du client selon les caractéristiques du produit. Premièrement, on retrouve les caractéristiques insatisfaisantes. Ces caractéristiques sont non identifiées par le client, souvent prises pour acquis et ne fournissent pas spécialement de satisfaction lorsqu'elles sont présentes. Mais, l'omission de celles-ci entraîne immédiatement une insatisfaction.

¹ Les étapes de la QFD ont été élaborées à partir du livre de Lou Cohen et de l'article de Patrick G. Brown.

Deuxièmement, les caractéristiques satisfaisantes sont normalement spécifiées par le client. De plus, lorsque le produit fonctionne tel qu'il a été prévu, celui-ci génère de la satisfaction auprès du client et le rend insatisfait dans le cas contraire. Un fait à noter est que tous les systèmes traditionnels de contrôle de qualité sont bâtis pour identifier ces deux caractéristiques. Finalement, les caractéristiques attrayantes identifient les innovations surprenant le client et créant un avantage certain en démarquant le produit. Ces caractéristiques ne peuvent devenir insatisfaisantes puisque les clients ne connaissent pas ce service ou ce produit. Un produit très populaire de 3M démontre bien ces caractéristiques avec son fameux Post-It. Ainsi, le but de catégoriser ces caractéristiques est d'incorporer de nouvelles caractéristiques attrayantes, de fournir le maximum de caractéristiques satisfaisantes et d'assurer l'absence de caractéristiques insatisfaisantes.

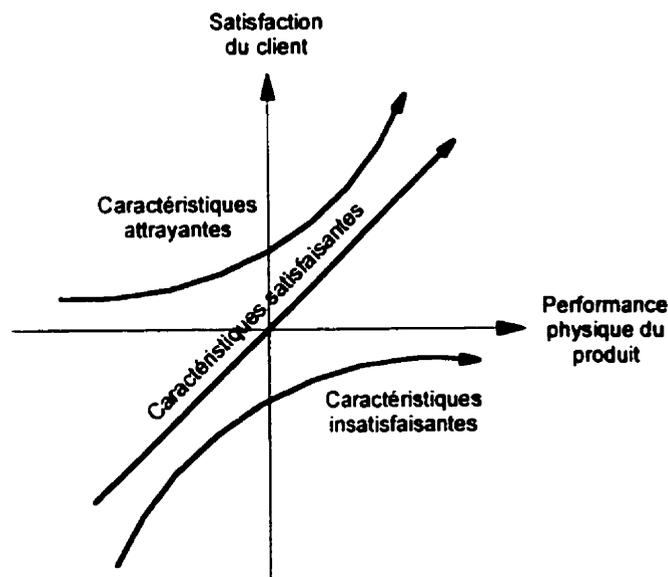


Figure 5.13 - Modèle représentant la satisfaction du client

La troisième étape consiste à bâtir la première matrice, la maison de la qualité. Cette matrice s'avère très complexe puisqu'on note la présence de plusieurs matrices interreliées entre elles. Par contre, une fois la technique maîtrisée, toutes les autres matrices sont facilement réalisables. Afin de faciliter la compréhension de la maison de la qualité, sa construction va être brisée en huit phases distinctes.

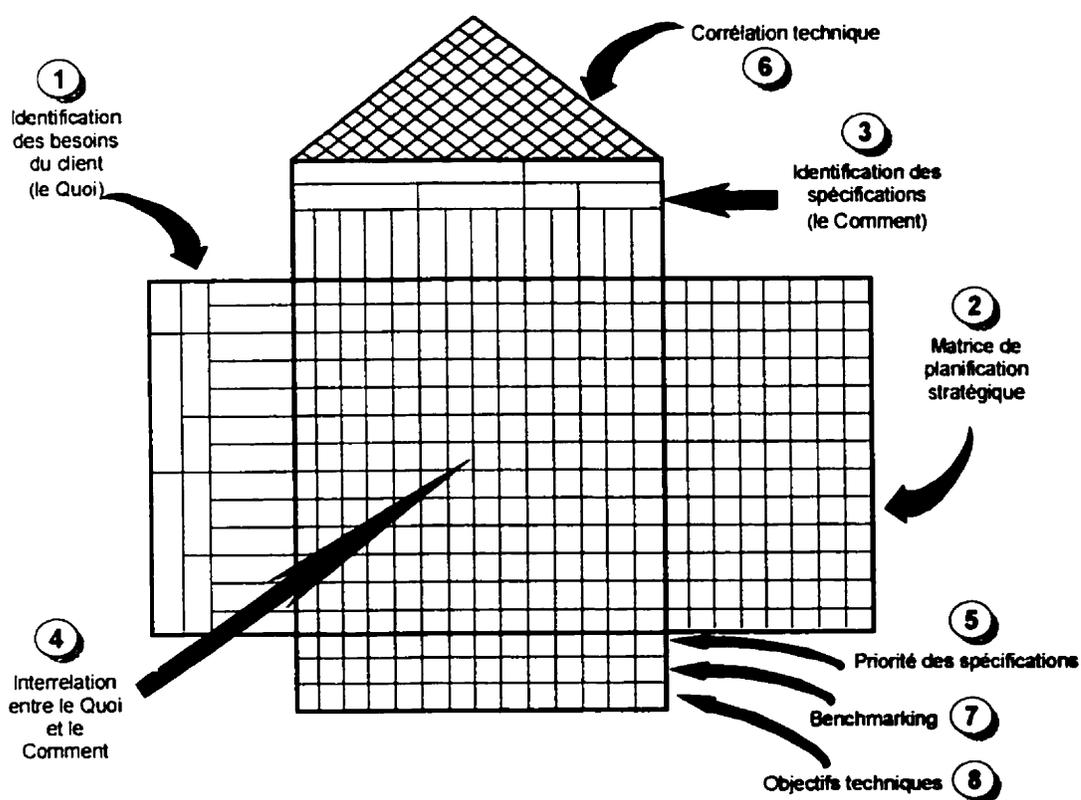


Figure 5.14 - La maison de la qualité

La première phase consiste à regrouper l'information obtenue sur les clients et de les insérer dans la section « Identification des besoins du client ». De façon générale, cette section s'appelle le « Quoi » pour toutes les matrices. La formulation des besoins dans les cellules de la matrice doit être transcrite le plus fidèle possible selon les propres mots définis par le client afin d'éviter toute formulation biaisée. Également, l'équipe multidisciplinaire peut décider d'insérer des besoins internes à l'organisation, mais doit clairement les identifier.

La deuxième phase établit les priorités au niveau de la planification stratégique du produit. Ainsi, la première phase établissait les besoins du client qualitativement, tandis que la présente phase permet la quantification et l'établissement des priorités des besoins. Le but de cette matrice est de fournir aux équipes multidisciplinaires une comparaison de la performance de l'organisation et celle des concurrents pour rencontrer les besoins du client, et un développement de stratégie basé sur l'optimisation des habilités de l'organisation. Par exemple, on peut considérer l'importance du client, la performance de la compagnie pour satisfaire le client, celle de la compétition, le but du besoin, un ratio d'innovation, les points de vente, etc.

La troisième phase concerne l'identification des spécifications. Tout d'abord, il faut générer une liste des spécifications de produit qui vont venir satisfaire les besoins du client. Cette liste devra être formulée de la même façon que le « Quoi », c'est-à-dire de façon qualitative, représentée selon le langage technique utilisé par l'organisation.

Ainsi, on procède à la traduction de la voie du client en termes techniques. Après avoir consolidé et regroupé l'information, il faut remplir la section « Identification des spécifications » ou communément appelé le « Comment ».

La quatrième phase effectue l'interrelation du « Quoi » avec le « Comment ». L'établissement de ces relations est entièrement basé sur le jugement des participants en établissant le degré d'importance. Ainsi, pour chaque « Quoi » les membres établissent le lien avec chaque « Comment » individuellement. Normalement, les membres se limitent à quatre possibilités en ce qui concerne les relations. Premièrement, il se peut que la rencontre du besoin du client ne corresponde pas aux spécifications identifiées. Ainsi, en considérant ces spécifications dans le développement de produit, les membres ne s'attendent à aucune modification au niveau de la satisfaction du client. Deuxièmement, les membres peuvent dénoter un lien possible. Donc, les membres prévoient très peu de changement de la satisfaction du client s'ils développent ces spécifications. Ensuite, le lien modéré apparaît lorsque les membres décident que les spécifications vont amener une satisfaction pouvant être remarquée auprès du client. Finalement, le lien intense permet d'identifier les spécifications permettant une satisfaction bien évidente des besoins du client. En résumé, les membres attribuent une valeur, pouvant être représentée par un symbole qui facilite la tâche, afin de déterminer la puissance de l'interrelation.

Tableau 5.1 - Représentation de la valeur des liens de l'établissement des interrelations de la QFD

Type de lien	Valeur	Symbol
Aucun lien	0	b
Lien possible	1	—
Lien modéré	3	○
Lien intense	9	⊙

La cinquième phase consiste à établir la priorité des spécifications. Ainsi, à l'aide de simples calculs arithmétiques, on peut évaluer le niveau de contribution de chacune des spécifications. Pour calculer la contribution d'une spécification, il faut partir d'un élément provenant de la matrice de planification stratégique pour un besoin. Ensuite, il faut multiplier cette valeur avec celle de l'interrelation entre le Quoi et le Comment. En dernier lieu, il suffit d'additionner les valeurs identifiées pour chaque besoin d'une spécification, ce qui donne sa priorité en fonction de l'élément stratégique désiré.

La sixième phase permet d'établir la corrélation entre les spécifications. Cette étude qui s'avère la moins utilisée, fournit pourtant de nombreux indices aux équipes multidisciplinaires en ce qui concerne la conception d'un produit. Ainsi, d'une façon semblable à la phase 5, les membres de l'équipe déterminent l'interaction entre les

spécifications. Le tableau suivant présente les valeurs et les symboles utilisés. Ainsi, il est important d'identifier les spécifications ayant un impact négatif sur une autre qui peut amener une impasse au sein du développement. En résumé, cette corrélation permet d'évaluer la facilité d'incorporer ces spécifications dans la conception.

Tableau 5.2 - Représentation de la valeur de l'impact des corrélations des spécifications

Type d'impact	Valeur	Symbol
Impact intense positif	9	✓✓
Impact modéré positif	3	✓
Aucun impact	0	b
Impact modéré négatif	-3	x
Impact intense négatif	-9	xx

La septième correspond à l'évaluation de la concurrence face au produit évalué par la QFD. Ainsi, aucune organisation ne peut se permettre de ne pas regarder ce que la concurrence fait de meilleur ou de pire. De plus, il n'est pas nécessaire d'évaluer toutes les spécifications énumérées dans la matrice, mais de se concentrer sur les plus importantes déjà déterminées à l'aide de la priorité des spécifications.

La huitième étape consiste simplement à établir les objectifs techniques recherchés pour chaque spécification. Normalement, chaque projet de conception a une

idée des caractéristiques concernant le produit. Ainsi, il faut réussir à déterminer quantitativement pour chaque spécification.

La dernière étape permet de valider l'information et le bon fonctionnement de cet outil. Ainsi, il faut revoir l'information entrée dans chaque cellule, s'interroger sur les raisons de retrouver des cellules vides. L'état de santé de la maison de la qualité peut être mesuré en fonction du pourcentage de cellules remplies. Finalement, l'équipe multidisciplinaire décide de la validité de l'information et de la fin de l'exercice.

Une fois la maison de la qualité remplie, les équipes de conception peuvent utiliser l'information recueillie pour commencer la conception à partir des spécifications identifiées. Ensuite, la voie du client peut être véhiculée dans les autres fonctions. De façon générale, la QFD est normalement composée de quatre matrices interreliées (Hauser et Clausing, 1986; Brown, 1991). La première matrice, la maison de la qualité, concernait la définition du produit, la seconde le déploiement des composants, la troisième l'établissement des méthodes et finalement, la quatrième la planification de la production. Afin de définir les éléments de la prochaine matrice, le « Comment » devient le « Quoi ». Ce processus est représenté à la figure suivante.

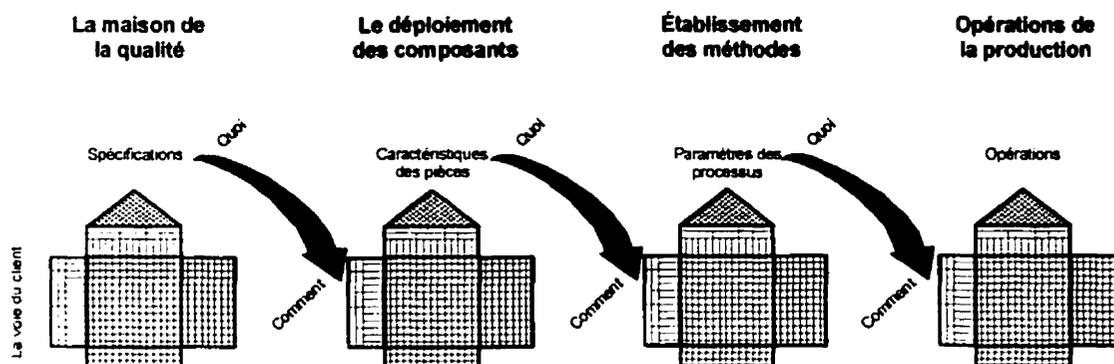


Figure 5.15 - Processus de la QFD

Le processus décrit ci-dessus correspond au modèle classique de la QFD (Cohen, 1995). Toutefois, selon les besoins exprimés par l'équipe multidisciplinaire, ce concept peut être raffiné en incorporant de nouveaux éléments. Par exemple, des plans d'amélioration de la qualité, la planification de l'équipement de production, des définitions de coûts, etc. Certaines entreprises développent une matrice de matrices dans lesquelles les équipes multidisciplinaires définissent tout au début l'étendue du projet concernant la QFD (Brown, 1991; Shina, 1992).

Les bénéfices concernant la QFD sont très nombreux (Brown, 1991; Clausing, 1994). En outre, les éléments critiques concernant les clients sont toujours rencontrés et de nouveaux besoins sont découverts, ce qui permet d'offrir des produits beaucoup plus attrayants et compétitifs sur le marché, et non pas de seulement minimiser l'insatisfaction du client. Ces avantages sont directement reliés au fait que la traduction

de la voie des clients ne se fait pas seulement en des termes techniques, mais les objectifs pour les rencontrer sont véhiculés à travers l'organisation. De plus, l'aspect visuel de l'outil permet en un regard de capter facilement l'information pertinente et d'établir les liens facilement. Ainsi, les différentes décisions se retrouvent connectées en un tout cohérent et compatible. Finalement, pour l'entreprise, les démarrages de projets de conception sont plus rapides puisque la communication entre les services est facilitée dès le début et la mobilisation des employés se retrouve renforcée puisque chacun se commet à des décisions prises en commun.

Par contre, certaines précautions doivent être prises afin de s'assurer du succès de la QFD. Tout d'abord, les participants doivent s'efforcer de garder des chartes dans des dimensions acceptables pour ne pas diluer l'information. Ensuite, il ne faut pas seulement utiliser la maison de la qualité ce qui limiterait la transmission de la voie du client à travers tous les services impliqués. De plus, il ne faut jamais mixer dans la détermination des besoins du client, des requis d'ingénierie qui peuvent détourner l'objectif de présenter des produits attrayants sur le marché. Enfin, la QFD doit être déployée au tout début d'un projet de conception, sinon les résultats obtenus ne pourront pas être incorporés dans celui-ci.

Finalement, un dernier aspect de cet outil est que celui-ci peut être intégré avec la sélection des concepts de Pugh, présentée à la section 5.1.1 (Cohen, 1995). Cette intégration est principalement utilisée pour des produits détenant un plus haut niveau de

complexité. En résumé, en insérant une matrice de sélection de concept entre chaque matrice de la QFD, on obtient un processus structuré permettant aux équipes multidisciplinaires de sélectionner les différents concepts de développement et de faciliter leurs choix technologiques.

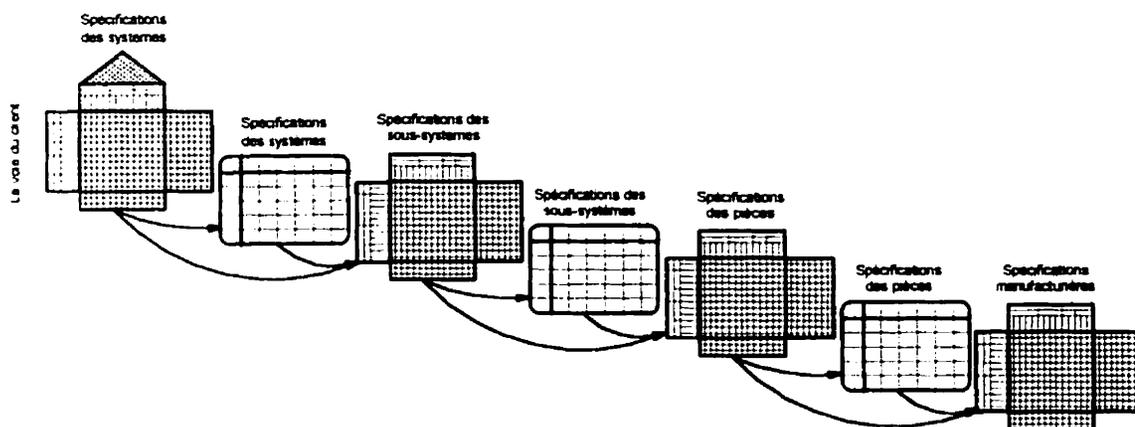


Figure 5.16 - Intégration de la sélection de concepts avec la QFD

CHAPITRE 6 – LEÇONS DE L'EXPÉRIENCE DE BOEING

Le 9 avril 1994, Boeing présente fièrement au monde entier son nouveau modèle d'avion le 777, lors de la sortie officielle d'usine (*Roll-out*) de l'appareil. Boeing¹ démontrait le résultat de quatre années d'efforts fournis par environ 10 000 employés et qui ont coûté au-dessus de 5 milliards de dollars américains. Cet avion, le septième développé par Boeing, est composé d'environ 3 millions de pièces et systèmes, se vend autour de 100 millions de dollars américains et son seuil de rentabilité se situe autour de 200 avions.

Le 777 de Boeing est un avion à large fuselage, comportant deux moteurs, et est destiné à des routes de moyennes à longues portées. D'ailleurs, la grosseur des moteurs équivaut au diamètre d'un fuselage de 737 et l'envergure de l'empennage horizontal à la voilure du même avion. Le 777 possède deux familles de produits; le 777-200 comportant de 305 à 320 sièges et le 777-300 de 368 à 386 sièges. Chacune de ces deux familles offre trois classes pour les passagers. Le premier avion à être livré en mai 1995 appartenait à la famille 200.

¹ Cette section a été réalisée à l'aide d'une conférence par satellite, "*Working Together to Produce Boeing's New 777 Airplane Family*", donnée par M David A. FITZPATRICK qui est *Production Engineering Process Improvement Manager* et d'une série d'émissions produite par Skyscraper Productions intitulée "*21st-century jet – the building of the 777*".

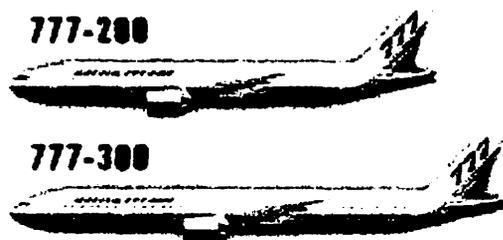


Figure 6.1 - Illustration des Boeing 777-200 et 777-300

À la fin de 1988, Boeing identifie que, pour demeurer concurrentiel sur le marché des gros transporteurs et face à la demande des lignes aériennes, il lui fallait couvrir adéquatement ses différents modèles. Un trou existait entre le 747 où on retrouve autour de 425 sièges et le 767 dont le nombre de sièges se situe à environ 200. De plus, les concurrents directs de Boeing offrent un produit couvrant ce segment de marché: Airbus avec les modèles A330 et A340, et McDonnell Douglas avec ses MD11 et MD12.

Alors, Boeing développe des concepts modifiés du 767 et les présente aux compagnies aériennes. Aucune de ces compagnies ne voulait de ces nouveaux produits. Boeing s'est retrouvé, à ce moment-là, devant un choix difficile, celui de développer entièrement un nouvel avion. Ce choix s'avérait difficile puisque ce type de développement coûte excessivement cher car les avions commerciaux sont, tout d'abord, des produits parmi les plus gros et les plus complexes à fabriquer. Ensuite, ces produits

se révèlent comme étant un des défis le plus demandant du point de vue du génie afin d'atteindre les performances attendues pour ce type de produit et de réussir l'intégration de la conception. De plus, la situation économique concernant cette industrie se révèle en récession. Certains facteurs majeurs comme une déréglementation globale et une privatisation au niveau des lignes aériennes, et une concurrence de plus en plus intensive, ont amené cette situation.

Avant de pouvoir commencer la conception d'un nouvel avion, il faut à Boeing, un client qui va lui accorder des commandes fermes sur un avion qui n'existe pas. Le 13 octobre 1990, United Airlines acheta 35 avions dont la livraison était attendue au cours de 1995 et 34 avions en option devant être livrée durant les trois années suivantes. Ce contrat valait 22 milliards de dollars américains. La négociation finale qui a duré plus de 70 heures en ligne, s'était faite dans les locaux de cette compagnie aérienne et les trois concurrents étaient sur place. Par contre, l'entente prévoyait certaines conditions. Ainsi, Boeing s'engageait à livrer un avion prêt à être mis en service, un avion qui fonctionne, un avion qui possède toutes les fonctionnalités requises, un avion que les clients, les agents de bord, les employés de maintenance et l'équipage de vol vont aimer. Puis les représentants d'United Airlines, Boeing et Pratt-Whitney, le fabricant des moteurs, signaient en dessous de la phrase « Nous pouvons le faire (*We make it happen*) ».

En plus d'avoir un produit orienté vers le client, Boeing constate que la compagnie ne sera pas en mesure de rencontrer les délais, les coûts et la qualité demandés pour réussir le développement s'ils l'effectuent de façon traditionnelle. Les deux innovations stratégiques mises de l'avant qui ont contribué au succès de l'entreprise ont été une définition de produits et pré-assemblages numériques et le « Travaillons ensemble (*Working together*) ».

Premièrement, les pratiques de développement traditionnelles en aéronautique, dont la figure suivante représente celui de Boeing, demandent généralement de maintenir de l'information contenue uniquement sur du papier et des mylars. D'ailleurs, une expression souvent utilisée dans le domaine aéronautique est que le gel de configuration s'effectue lorsque le poids en papier pour concevoir l'avion dépasse celui de l'avion lui-même. De plus afin d'analyser des interférences entre les pièces et de simuler l'installation de systèmes, ce qui est extrêmement difficile sur un support à 2 dimensions comme le papier, la fabrication de maquettes ou communément appelé « *mocks-up* » s'avère nécessaire. Ainsi, il faut bâtir différents prototypes physiques permettant d'effectuer l'intégration de la conception à différents stades. Ainsi, il faut faire des intégrations structure-structure, structure-système et système-système.

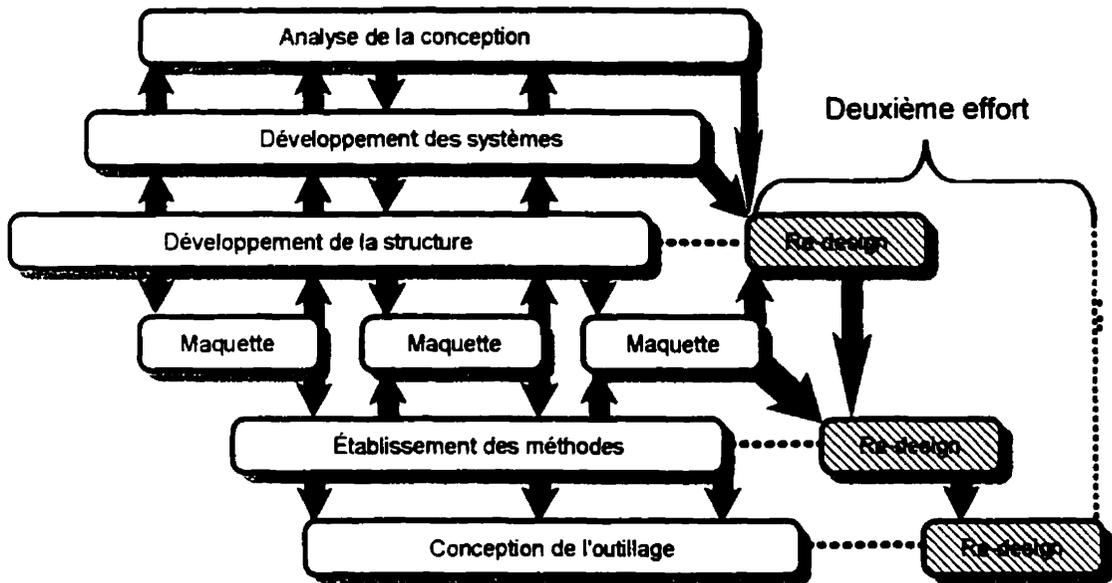


Figure 6.2 - Processus de conception traditionnelle de Boeing

Deuxièmement, en plus de considérer les outils à la conception, Boeing s'est intéressé au processus de conception. Le premier aspect qu'ils ont identifié est le besoin d'un deuxième effort lors de la conception. De façon traditionnelle, comme il a été expliqué plus haut, la conception se fait de façon itérative avec la vérification auprès des maquettes et des changements en découlent. Par contre, le processus de conception lui-même génère un besoin de recommencer une partie du développement et d'incorporer des changements. En examinant la figure présentée ci-dessus, vous remarquerez que la conception des systèmes commence après celle de la structure. En réalité, il peut se passer jusqu'à un an, après le début de conception de la structure, avant qu'on ne commence le développement des systèmes. Comme nous l'avons expliqué précédemment, la conception d'un avion est très complexe. Ainsi, traditionnellement, le gel de configuration de la structure et des systèmes ne se font pas en même temps.

Alors, lorsque la conception des systèmes sera terminée, les concepteurs devront identifier les interférences et apporter des modifications au niveau de la structure. De plus, en modifiant le travail au niveau de la structure, il faudra modifier la documentation préparée par le service des méthodes (*Manufacturing Engineering*), apporter les modifications au niveau de l'outillage physique et de la programmation numérique, et même fabriquer à nouveau certaines pièces.

Plusieurs études ont été menées à Boeing pour identifier les principaux changements demandés durant le deuxième effort. Ils ont conclu que les défauts d'intégration provenaient principalement de problèmes géométriques. Ces problèmes sont l'interférence entre les pièces, la non-concordance entre les pièces (*fit-up*), l'interférence en regard aux différentes attaches (*fastener*) et l'oubli de pièces. De plus, ils ont identifié que les deuxièmes efforts se retrouvaient en tête de liste comme facteur de coût de développement. Ce facteur représente de 15 à 35 % du coût total de développement, d'où l'importance de trouver des solutions permettant de demeurer compétitif et de satisfaire les attentes des clients.

La première innovation stratégique mise de l'avant par Boeing fut de concevoir complètement le 777 assisté par ordinateur (CAO) à l'aide de l'application de base pour la définition géométrique des pièces, CATIA¹. Ce système leur permettait de coordonner la conception et de partager toute l'information nécessaire, en temps réel.

Ainsi, il avait une base de données commune englobant l'information concernant la configuration, la structure, les systèmes, les analyses et la conception des outils physiques nécessaires à la fabrication et l'assemblage, pour les sites situés à Seattle, Wichita, Philadelphie et au Japon. De plus, Boeing a développé une application ajoutée à CATIA. Cette application, EPIC, permet de constituer une maquette numérique complète de l'avion, éliminant tout besoin de maquette physique. Cet outil leur permet d'identifier les interférences bien avant la fabrication de pièces, que ce soit pour une maquette ou pour l'avion lui-même, c'est-à-dire directement lors de la conception.

Toutefois, il y a quand même eu la présence d'une maquette. C'était la représentation grandeur nature de l'intérieur des passagers. Ce type de maquette sert surtout comme outil de vente auprès des lignes aériennes afin de leur permettre de bien visualiser ce qu'aura l'air l'avion de l'intérieur, d'apprécier les nouveaux apports et d'avancer leurs suggestions et leurs contraintes. De plus, Boeing avait fait une section à l'arrière de la maquette, appelée « *Dirty pool* », où ils démontraient la différence entre leur intérieur et celui des concurrents.

La deuxième innovation stratégique se définit comme l'implantation de l'ingénierie simultanée, c'est-à-dire leur fameuse phrase « *Working Together* ». Deux éléments permettent de résumer l'approche établie par Boeing. Premièrement, cette compagnie s'est attaquée au processus de conception. Afin de mettre de côté l'approche

¹ Cet outil a été développé plus en détail au chapitre 5.3.2.

traditionnelle, ils ont mis en place le processus de développement en parallèle résumé à la figure suivante. Ainsi, à partir du premier jour, toutes les activités, c'est-à-dire la conception de la structure et des systèmes, de l'analyse, la conception d'outillage et l'établissement des méthodes, sont amener le plus tôt possible, tout en partageant la même information disponible en tout temps. Ainsi, toutes les activités devraient se terminer de façon quasi simultanée.

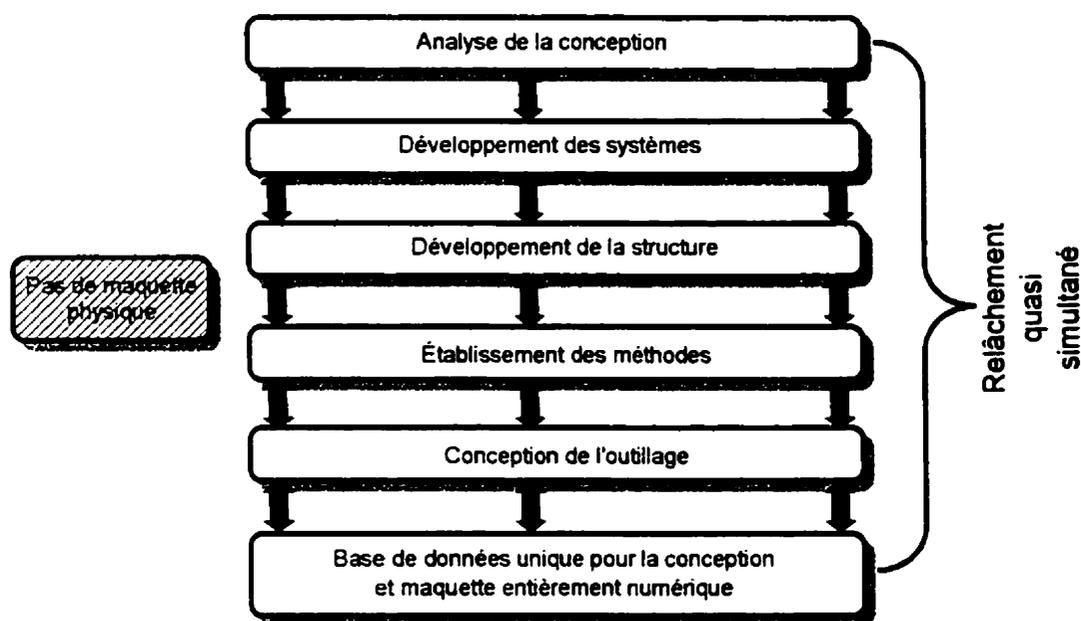


Figure 6.3 - Ingénierie simultanée chez Boeing

Le deuxième élément qui complète le processus est la création d'équipe de conception, les « *Design/Build Team* ». On retrouvait au total un peu moins de 250 équipes de conception pour concevoir le 777. L'avion était divisé entre plusieurs sections, par exemple la porte passager, et une équipe de conception y était assignée. Il est certain qu'en début de programme, l'ensemble des équipes n'était pas formé et

qu'une équipe était responsable d'une section plus générale. Au fur et à mesure que le développement avançait, le nombre d'équipes augmentait, le nombre de participants augmentait en proportion équivalente et chacune se concentrait sur une section plus précise.

Ces équipes étaient formées afin de faciliter la coordination de la communication de l'information et de l'intégration du développement. Les participants de ces équipes, démontrés en détail à la figure suivante, comprenaient des gens de l'ingénierie, du secteur manufacturier, du service à la clientèle, des fournisseurs et, bien sûr, des représentants des clients. Au début, les participants d'une équipe se rencontraient régulièrement pour discuter des différents concepts et du statut de la conception. Par contre, Boeing s'est rapidement rendu compte que cette façon de procéder n'était pas optimale. Il a, donc, été démontré qu'une colocation était nécessaire afin d'aller chercher la performance désirée. Ainsi, les participants d'une équipe travaillaient dans un même endroit et partageaient les mêmes équipements CAO facilitant la communication et la coopération.

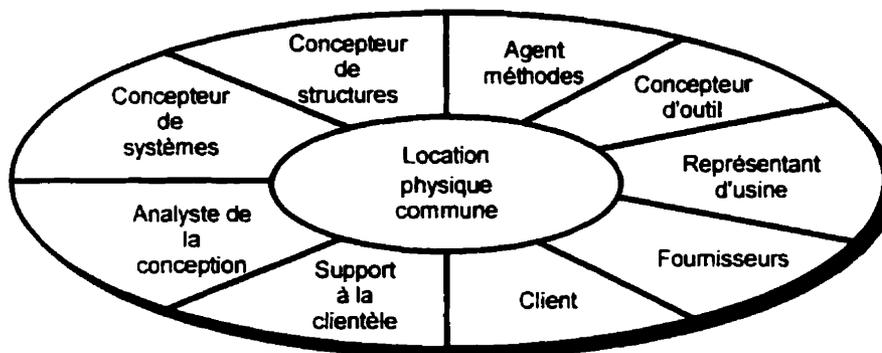


Figure 6.4 - Participants d'une équipe de conception

Les premiers participants d'une équipe de conception s'avèrent sans aucun doute les membres de l'ingénierie. On retrouve le concepteur de la structure, le concepteur de système et l'analyste de conception. Comme il a été expliqué auparavant au niveau du processus de l'ingénierie simultanée, ces trois participants sont nécessaires dès le début de la conception. En procédant ainsi, puisque le travail de chacun influence celui de l'autre, l'intégration de la conception va s'en retrouver facilitée. Par contre, la résistance des ingénieurs à exposer leurs problèmes à d'autres personnes fut le principal problème de Boeing pour faire fonctionner ce principe. Normalement, ces derniers identifient le problème et le résolvent seuls. Maintenant, il leur fallait dévoiler ces problèmes afin d'aller chercher le maximum d'aide. Et pour les encourager, la direction voulait qu'ils prennent exemple sur la compagnie Fisher-Price qui vend des produits faciles à fabriquer et à assembler. Alors, elle leur a donné à chacun un petit avion Fisher-Price.

Les prochains participants sont ceux provenant du secteur manufacturier. Dans l'approche traditionnelle, ces derniers commençaient à travailler seulement lorsque la conception est terminée. Par contre, l'identification de problèmes en cours de production s'avérait trop coûteuse pour Boeing. Ainsi, leur connaissance, leurs idées et leur coopération étaient absolument nécessaires durant la conception.

La participation provenant du service à la clientèle est également très utile. Ainsi, ces derniers sont au courant du type de pièces, ne fonctionnant pas adéquatement en service, et des problèmes de maintenance régulière. Il est à noter qu'une mauvaise

conception peut entraîner des erreurs humaines chez le client. De plus, en participant activement dès le début de la conception, ils peuvent préparer la documentation concernant la maintenance au fur et à mesure qu'ils obtiennent l'information. D'ailleurs, le 777 est le premier avion à avoir en main pratiquement toutes les procédures de maintenance prêtes pour le premier vol.

Un autre participant qui doit être intégré congrûment pour le succès d'un programme, se résume comme étant les fournisseurs. Les fournisseurs sont directement affectés par la conception et chaque problème qui survient peut affecter la livraison de leurs composants. Ainsi, ces derniers doivent être au courant des changements de conception le plus tôt possible et, en retour, ils doivent fournir toutes informations utiles pouvant les aider. Par exemple, au cours d'un développement d'avion la réduction de poids devient un élément important influençant la performance de l'avion. Parfois, de nouveaux matériels sont utilisés pour atteindre cet objectif. Entre autre, un des nouveaux matériels utilisés par Boeing fut l'aluminium-lithium qui se présente plus léger que l'aluminium. Par contre, lorsque ce matériel est percé, ce dernier génère des fissures à la surface de la pièce. Une fissure représente généralement un danger important et des inspections rigoureuses sont réalisées afin de les identifier en service par les lignes aériennes. Avec l'aluminium-lithium, les fissures ne représentent aucun danger, car ce ne sont que des fissures de surfaces n'affectant pas la condition de la pièce. Le problème que cela causait n'était pas au niveau de la sécurité, mais de perception auprès du client. Comment expliquer que des fissures sur telles pièces ne

sont pas dangereuses et que, sur d'autres, elles le sont? Peut-on former les inspecteurs des lignes aériennes pour que ceux-ci puissent identifier correctement ces fissures? Peut-on garder la confiance du client? En restant fidèle à leur approche client, Boeing a décidé d'éliminer ce matériel. Cette décision a immédiatement eu un impact sur certains fournisseurs. Par exemple, lors de l'identification du problème, des fournisseurs japonais fabriquaient des poutres de la structure de l'aile avec ce matériel. La communication immédiate avec ce fournisseur leur a laissé le temps de répondre quand même aux exigences de livraison.

Le dernier participant, et non le moindre, se révèle être le client. L'information provenant des clients n'a aucun prix. Ainsi, les lignes aériennes sont en mesure d'identifier les problèmes survenant en cours d'opération affectant les membres de l'équipage, les employés de maintenance et les passagers. Au niveau des problèmes de maintenances, ces derniers sont occasionnés souvent par une mauvaise conception et peuvent entraîner des erreurs humaines coûteuses pour le client. Un autre exemple concerne le confort des passagers. Dans un avion, tous les agents de bord connaissent le phénomène du gros « bang ». Ce son est occasionné par les passagers en baissant le couvercle des toilettes. Cette situation entraîne une réaction très désagréable de détresse pour celui se trouvant à la toilette et un mécontentement des passagers assis tout près de ces cabines. Pour résoudre ce problème, Boeing a fait venir le fabricant de toilettes et, ensemble, ils ont développé un mécanisme permettant l'absorption de l'énergie de fermeture du couvercle et celui-ci s'abaisse en douceur. Donc, en résolvant la majorité

de ces problèmes, la satisfaction du client augmente.

De plus, ce concept d'équipe n'intégrait pas seulement des fonctions horizontales, mais également de façon verticale, car même les dirigeants devaient former une équipe. Un des principes de base de ces équipes était « pas de secret (*No secret*) », c'est-à-dire que l'information doit être partagée entre les membres de l'équipe même si ça va mal. Donc, il fallait s'habituer au fait que les révisions de programmes se composaient d'une énorme assistance. Mais l'avantage était qu'on retrouvait des forums où les gens pouvaient s'exprimer entre service et entre paliers hiérarchiques.

Toutefois, une entreprise semblable ne réussit pas du jour au lendemain. Afin de faciliter l'implantation de ce changement de culture organisationnelle, beaucoup de formations ont été dispensées aux participants des équipes de conception et aux dirigeants. Ces formations se concentraient sur des sujets telles que faciliter la communication, la résolution de conflits et l'ouverture à différentes perspectives.

Également, une fois la conception terminée, les membres d'une équipe de conception doivent fournir le support à la production pendant six mois avant d'être affectés à un autre projet de conception. Ainsi, chacun des participants fait face à leurs erreurs et participe à la résolution de problèmes. Par exemple, dans une approche traditionnelle, si un travailleur de production se rend compte qu'un angle n'a pas besoin de scellant et que sa procédure lui demande d'en mettre, il doit alors faire une requête.

Cette requête demande de résoudre un problème mineur. La solution qui demande de changer les dessins et les procédures, ne sera pas réalisée en priorité et elle ne viendra pas avant trois ou quatre avions plus tard. Tandis qu'avec la présence de l'équipe de conception, ce problème est réglé dans la journée.

L'ingénierie simultanée est reconnu par Boeing comme étant le facteur de succès de la conception du 777. D'ailleurs, c'est pour cette raison que le premier avion a été baptisé « *Working Together* ». Les prochaines étapes pour de nouveaux projets seront d'écouter encore plus ce que les lignes aériennes définiront comme besoins, par exemple incorporer les nouvelles technologies que les passagers désireront concernant la téléphonie, la vidéo, les réseaux informatiques, etc., d'intégrer encore plus les besoins du secteur manufacturier comme la fabrication d'outil physique et finalement, d'étendre le développement des outils CAO comme la simulation d'assemblages finals.

ANNEXE 2
PRÉSENTATION DU QUESTIONNAIRE

Montréal, le 23 janvier 1997

(english version on the other side)

Cher(ère) participant(e),

Ce questionnaire fait partie de mon mémoire que je dois réaliser dans le cadre de ma maîtrise en génie industriel. Veuillez le remplir avec spontanéité et honnêteté pour que je puisse prendre le pouls de la culture de Canadair et étudier la possibilité d'implanter l'ingénierie simultanée (Concurrent engineering) à Canadair.

Ce questionnaire est confidentiel et anonyme; seules les statistiques seront présentées dans le mémoire. De plus, une vingtaine de minutes sera nécessaire pour le remplir.

Merci à l'avance pour votre temps et votre coopération.



Patrick J. Chénail
poste: 5041
département 135 usine 3

Veuillez retourner ce questionnaire dans l'enveloppe fournie avec le questionnaire avant le 14 février 1997.

Nous autorisons Patrick J. Chénail à effectuer cette étude à Canadair et nous l'appuyons pour le succès de cette démarche.



Serge Lefebvre
Directeur ressources humaines
Usine 3



Pierre Haet
Directeur ressources humaines
Centre administratif

QUESTIONNAIRE

PAGE 1 DE 8

Q1 Votre nombre d'années de service chez Canadair

- | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------------|------------|
| <input type="radio"/> | moins d'un an | <input type="radio"/> | 11 - 15 |
| <input type="radio"/> | 1 - 5 | <input type="radio"/> | 16 - 20 |
| <input type="radio"/> | 6 - 10 | <input type="radio"/> | plus de 20 |

Q2 Vous travaillez pour quel département?

- achat
- ingénierie - groupe technique et expérimental
- ingénierie - groupe de conception et système
- ingénierie - groupe de projet
- marketing
- méthode
- planification des matières et travaux
- production
- qualité
- service à la clientèle

Q3 Votre plus haut niveau d'éducation

- secondaire
- cégap
- baccalauréat
- hautes études (maîtrise et doctorat)
- autres (précisez _____)

Q4 Nombre d'entreprises où vous avez travaillé plus d'un an avant Canadair

- aucune
- 1 - 2
- 3 - 4
- plus de 4

Q5 Votre âge

- | | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|------------|
| <input type="radio"/> | moins de 25 ans | <input type="radio"/> | 46 - 55 |
| <input type="radio"/> | 26 - 35 | <input type="radio"/> | 56 et plus |
| <input type="radio"/> | 36 - 45 | | |

Q6 Votre sexe

- | | | | |
|-----------------------|---------|-----------------------|----------|
| <input type="radio"/> | féminin | <input type="radio"/> | masculin |
|-----------------------|---------|-----------------------|----------|

QUESTIONNAIRE (suite)

PAGE 4 DE 8

		très peu d'accord	peu d'accord	ni pour d'accord ni contre	peu d'accord	très d'accord
Q29	La direction veut que le travail soit réalisé selon des méthodes ou procédures reconnues	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q30	Lors de votre évaluation, la discussion est ouverte sur les différents critères	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q31	Vous vous sentez préparé(e) à travailler efficacement avec des gens provenant de départements différents, comme ingénierie, méthodes, fabrication, qualité, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q32	Les idées différentes et innovatrices sont encouragées et mises en oeuvre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q33	Les décisions doivent passer par beaucoup de paliers hiérarchiques avant d'avoir une approbation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q34	Vous êtes informé(e) des nouvelles procédures concernant votre travail dès qu'elles sont disponibles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q35	Les décisions concernant votre travail sont prises avec les gens qui seront affectés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q36	Vous avez la marge de manoeuvre nécessaire pour questionner le système existant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q37	Tous les aspects d'une tâche doivent être approuvés avant de commencer à travailler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q38	Une formation adéquate vous est dispensée avant qu'un nouvel outil influence votre travail	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q39	Vous connaissez les entrées et sorties des différentes étapes de conception et de fabrication d'un nouveau produit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

QUESTIONNAIRE (suite)

PAGE 8 DE 8

Tout le long du questionnaire, nous savons que vous n'avez pas pu faire de commentaires. Alors, si vous voulez amener des suggestions, des améliorations ou des précisions, veuillez utiliser l'espace suivant:

Nous apprécions beaucoup le temps que vous avez passé à remplir ce questionnaire. N'oubliez pas de nous le faire parvenir dans l'enveloppe qui vous a été fournie.

Avez-vous apprécié remplir ce questionnaire?

**MERCI BEAUCOUP!**

Montreal, January 23, 1997

(version française au verso)

Dear participant,

This questionnaire formulates a part of my thesis which I must complete to attain a master degree in industrial engineering. Please provide spontaneous and honest answers so that I can produce a true feedback of the culture within Canadair as well as determine the possibility of introducing Concurrent Engineering to Canadair.

This survey is confidential and anonymous; only the survey statistics will become part of the thesis. 20 minutes of your time is required to complete the survey.

Thank you in advance for your cooperation and support.



Patrick J. Chenel
extension: 5041
department 135, plant 3

Please return this questionnaire in the supplied envelope before February 14, 1997.

We authorise Patrick J. Chenel to conduct this survey at Canadair and we wish him much success in his project.



Serge Lefebvre
Director human resources
Plant 3



Pierre Huot
Director human resources
Administration center

QUESTIONNAIRE

PAGE 1 OF 8

Q1 Number of years of service at Canadair

- | | | | |
|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------|
| <input type="radio"/> | less than a year | <input type="radio"/> | 11 - 15 |
| <input type="radio"/> | 1 - 5 | <input type="radio"/> | 16 - 20 |
| <input type="radio"/> | 6 - 10 | <input type="radio"/> | more than 20 |

Q2 You work for what department?

- Purchasing
- Engineering - Technical and Experimental group
- Engineering - Conception and Systems group
- Engineering - Project group
- Marketing
- Method
- Material and Work Planning
- Production
- Quality
- Customer Support

Q3 Your highest level of education

- Highschool
- College
- Bachelor
- Masters or Ph.D.
- Others (specify _____)

Q4 Number of employers you have worked for more than a year before Canadair

- none
- 1 - 2
- 3 - 4
- more than 4

Q5 Your age

- | | | | |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| <input type="radio"/> | less than 25 years old | <input type="radio"/> | 46 - 55 |
| <input type="radio"/> | 26 - 35 | <input type="radio"/> | 56 and higher |
| <input type="radio"/> | 36 - 45 | | |

Q6 Your sex

- | | | | |
|-----------------------|--------|-----------------------|------|
| <input type="radio"/> | female | <input type="radio"/> | male |
|-----------------------|--------|-----------------------|------|

QUESTIONNAIRE (suite)

PAGE 2 OF 8

		Strongly in agreement	In agreement	Neutral	In disagreement	Strongly in disagreement
Q7	Do you know the responsibilities of each department (listed in question 2)	<input type="radio"/>				
Q8	The objectif of your work is the satisfaction of the customers	<input type="radio"/>				
Q9	You know the development process of a new product starting with the customers needs right up to the delivery	<input type="radio"/>				
Q10	If you change job, an adequate training program will be provided to you, if necessary	<input type="radio"/>				
Q11	You are able to make the relationship between the objectifs of the company and the objectifs of your job	<input type="radio"/>				
Q12	The employees are evaluated and rewarded according to their contribution to the company	<input type="radio"/>				
Q13	The suggestions concerning your work done by someone from another department are important	<input type="radio"/>				
Q14	You are responsible of the planning of your work (that means sequence and deadlines)	<input type="radio"/>				
Q15	There exists precise procedures in your department that helps you to do your work	<input type="radio"/>				
Q16	Management does not support failure or mistakes	<input type="radio"/>				
Q17	You know the needs of your inside or outside customers on the program your working on (ex.: CRJ, CRJ-X, CH, GLX, etc.)	<input type="radio"/>				

QUESTIONNAIRE (suite)

PAGE 3 OF 8

		strongly in agreement	in agreement	neither in agreement nor disagreement	disagreement	strongly in disagreement
Q18	When a task is assigned to you, the mandate is well defined	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q19	Your efforts are recognized by well defined and precise criteria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q20	You are required to participate in the decision making process of a problem affecting many departments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q21	Management rewards recognition to people that take calculated risks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q22	You participate in the decisions involving your work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q23	The priorities involving your job are well defined	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q24	Your supervisor tries to find tools or different ways to make your work easier and more efficient	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q25	The company rewards people that are successful	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q26	You are responsible for the products (outputs) resulting from your work (paper, material or other)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q27	The cooperation between departments (production, engineering, purchasing, etc.) would create more problems than anything else	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q28	The needs of the customer are defined in terms of tolerance in the design level not from objectifs to be achieved	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

QUESTIONNAIRE (suite)

PAGE 5 OF 8

		strongly in agreement	in agreement	neither in agreement nor disagreement	disagreement	strongly in disagreement
Q40	Regularly, you obtain feedback on the way you do your work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q41	Your supervisor is always available to coach you	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q42	You feel pressure from management to improve your work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q43	You are proud to work at Canadair	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q44	If you work in a team, would you be ready to be rewarded in accordance with the team's overall performance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q45	The human, material and finance resources are accessible to people that are willing to innovate with new products or procedures	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q46	The management of your department consults with you before taking a decision that will affect your work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q47	Your supervisor helps you find help outside of your group in case of difficulties (if there is not internal resources available)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q48	You can not use the same vocabulary with people of other departments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Give your evaluation of the following systems:					
Q49	BMS (Bombardier Manufacturing System)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q50	BES (Bombardier Engineering System)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Q51	ISO9001	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

QUESTIONNAIRE (suite)

PAGE 8 OF 8

During the course of this questionnaire, we know that you have not had the chance to give your comments. If you have any comments, suggestions or points of precision, please use the following space:

We appreciate the time you have spent on this questionnaire. Do not forget to put it in the envelope we have given you.

Have you appreciated doing this questionnaire?



Thank you!