POLYPUBLIE
Polytechnique Montréal

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
UNIVERSITÉ D'INGÉNIERIE

Titre: Title:	La gestion des échanges d'informations préliminaires au sein d'équipes multifonctionnelles d'ingénierie concourante : leçons d'un cas
Auteur: Author:	Ghislain Wagon
Date:	2008
Type:	Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis
Référence: Citation:	Wagon, G. (2008). La gestion des échanges d'informations préliminaires au sein d'équipes multifonctionnelles d'ingénierie concourante : leçons d'un cas [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. https://publications.polymtl.ca/8119/

Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: PolyPublie URL:	https://publications.polymtl.ca/8119/
Directeurs de recherche: Advisors:	Bruno Agard, & Éric Alsène
Programme: Program:	Non spécifié

Ce fichier a été téléchargé à partir de PolyPublie, le dépôt institutionnel de Polytechnique Montréal
This file has been downloaded from PolyPublie, the institutional repository of Polytechnique Montréal

https://publications.polymtl.ca

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

LA GESTION DES ÉCHANGES D'INFORMATIONS PRÉLIMINAIRES AU SEIN D'ÉQUIPES MULTIFONCTIONNELLES D'INGÉNIERIE CONCOURANTE : LEÇONS D'UN CAS

GHISLAIN WAGON
DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)
JANVIER 2008

© Ghislain Wagon, 2008.

Library and Archives Canada

Published Heritage Branch

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque et Archives Canada

Direction du Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence
ISBN: 978-0-494-36947-0
Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-36947-0

NOTICE:
The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

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

AVIS:
L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

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

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

LA GESTION DES ÉCHANGES D'INFORMATIONS PRÉLIMINAIRES AU SEIN D'ÉQUIPES MULTIFONCTIONNELLES D'INGÉNIERIE CONCOURANTE : LEÇONS D'UN CAS

présenté par : WAGON Ghislain

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

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

M. FORTIN Clément, Ph.D., président

M. AGARD Bruno, Doctorat, membre et directeur de recherche

M. ALSÈNE Éric, Ph.D., membre et codirecteur de recherche

M. GHOSH Kalyan, D.Eng., membre

REMERCIEMENTS

Par leur présence, leurs encouragements et leurs conseils, plusieurs personnes ont contribué à la conception de ce mémoire et j'aimerais sincèrement les remercier.

Tout d'abord je souhaite exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements à mes directeurs de recherche, Bruno Agard et Éric Alsène, pour m'avoir guidé et soutenu tout au long de mon mémoire, et ce pour leurs précieux conseils quant au déroulement de l'ensemble de ma recherche et de la rédaction de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à l'entreprise étudiée et tous les employés qui m'ont aidé et fourni les informations nécessaires pour l'évolution de mon étude ; Je tiens à remercier plus particulièrement M. Laurent Ducom, qui m'a permis de concrétiser ma recherche : je lui en suis profondément reconnaissant.

Je souhaite remercier, surtout, ma famille et mes amis pour m'avoir encouragé, soutenu et réconforté pendant toute la période de mon projet et spécialement Monsieur Marcel Berger pour toutes ses précieuses aides.

Enfin, une pensée toute particulière à Irina, pour son support et sa compréhension.

Merci à tous.

RÉSUMÉ

Les entreprises du secteur industriel font face à une concurrence de plus en plus intense, les forçant ainsi à développer de nouveaux produits de meilleure qualité, au moindre de coût et surtout à un rythme de plus en plus rapide. L'exécution d'activités en parallèle qui est l'une des caractéristiques majeures de l'ingénierie concourante peut aider les compagnies à développer des produits plus rapidement. L'accomplissement d'activités simultanées passe par des échanges d'informations préliminaires, c'est-à-dire non finalisées. Nous nous sommes appuyés sur la définition des informations préliminaires de Terwiesch et al. (2002), qui distingue la précision et la stabilité des informations, pour effectuer nos travaux de recherche. Nos travaux ont été réalisés grâce à une étude de cas qui nous a permis d'observer, chez deux équipes multifonctionnelles d'une entreprise québécoise du secteur aéronautique, les échanges d'informations préliminaires.

Pour étudier les échanges d'informations préliminaires dans des équipes multifonctionnelles, nous avons identifié des types de situations de travail où des activités sont exécutées en parallèle. Ensuite, selon le niveau de stabilité et de précision des informations préliminaires partagées, et pour chacun de ces types, nous avons découvert plusieurs stratégies d'échanges d'informations préliminaires, en plus de celles abordées dans la littérature existante par Terwiesch et al. (2002). Enfin, nous avons mis en évidence le rôle de plusieurs facteurs qui permettent de favoriser et de faciliter le partage d'informations préliminaires.

Mots clefs : Ingénierie concourante, Développement de produits intégrés, Échange d'informations préliminaires, Communication, Équipes multifonctionnelles

ABSTRACT

Intense competition in many industries forces manufacturing firms to develop new, higher quality products at an increasingly rapid pace. Overlapping product development activities is an important component of concurrent product development that can help firms to develop products faster. The achievement of simultaneous activities takes place by sharing preliminary information, i.e. not yet finalized. We based our work on the definition of preliminary information from Terwiesch and al. (2002), who distinguishes the precision and the stability of information. Our work has been conducted in a Canadian aerospace manufacturer, where we observed preliminary information exchanges in two cross-functional teams.

To study the preliminary information exchanges in these cross-functional teams, we identified three types of working situations where activities are overlapped. Then, according to the level of stability and precision of preliminary information exchanged, and for each one of these types, we discovered several strategies of preliminary information exchanges, in addition to those approached in the existing literature by Terwiesch and Al (2002). Lastly, we highlighted the role of several factors which support and make the preliminary information exchange easier.

Keywords : Concurrent Engineering, Integrated Product Development, Preliminary Information, Communication, Cross-functional Teams

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS iv
RÉSUMÉ v
ABSTRACT vi
TABLE DES MATIÈRES vii
LISTE DES TABLEAUX x
LISTE DES FIGURES xi
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION 1
1.1. Pertinence de la recherche 1
1.2. Plan du mémoire 2
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE 4
2.1. Revue de littérature 4
2.1.1. Caractéristiques de l'ingénierie concourante 5
2.1.2. Équipes multifonctionnelles 8
2.1.2.1. Définition 8
2.1.2.2. Activités usuelles des équipes multifonctionnelles 9
2.1.2.3. Composition des équipes multifonctionnelles 11
2.1.2.4. Communication dans les équipes multifonctionnelles 15
2.1.2.4.1. Définitions de la communication 15
2.1.2.4.2. Défis de la communication des équipes multifonctionnelles 15
2.1.3. Échanges d'informations préliminaires 16
2.1.3.1. Informations préliminaires 16
2.1.3.2. Stratégies de partage d'informations préliminaires 18
2.1.3.3. Communication d'informations préliminaires 19
2.1.4. Gestion des connaissances 20
2.1.4.1. Définitions de l'information et des connaissances 20
2.1.4.2. Modes de partage des connaissances 23
2.1.4.3. Barrières au partage des connaissances 25
2.2. Objet de la recherche 27

2.2.1. Critique de la revue de littérature 27
2.2.2. Objectif de la recherche 28
CHAPITRE 3 : CADRE CONCEPTUEL ET MÉTHODOLOGIE 29
3.1. Cadre conceptuel 29
3.2. Méthodologie de la recherche 31
3.2.1. Stratégie de la recherche 31
3.2.2. Conception de l'étude de cas 32
3.2.2.1. Critères de sélection du cas 33
3.2.2.1. Sélection du cas 34
3.2.3. Méthodologie de collecte des données 34
3.2.4. Méthode d'analyse des données 37
CHAPITRE 4 : DESCRIPTION DU CAS ET RÉSULTATS DE LA RECHERCHE 39
4.1. Description du cas 39
4.1.1. Description de l'organisation du programme Alpha 39
4.1.2. Description des équipes 41
4.1.2.1. Description de l'équipe *Commandes de vol* 41
4.1.2.2. Description de l'équipe *Technique* 44
4.1.3. Description de l'environnement de travail 46
4.1.3.1. Espaces de travail 46
4.1.3.2. Outils informatiques 47
4.2. Résultats 51
4.2.1. Situations de travail séquentiel chevauché 51
4.2.1.1. Cas 1 : Commandes des gouvernes de profondeur 51
4.2.1.2. Cas 2 : Analyse de routes 53
4.2.1.3. Cas 3 : contrôle de l'avion 54
4.2.2. Situations de travail avec fourniture de service 55
4.2.2.1. Cas 1 : Simulation du système commandes de vol électrique 55
4.2.2.2. Cas 2 : actionneurs des gouvernes de profondeur 56
4.2.2.3. Cas 3 : calculateurs du gouvernail de direction 57

4.2.2.4. Cas 4 : actionneurs du stabilisateur horizontal 58
4.2.3. Situations de travail itératif chevauché 59
4.2.3.1. Cas 1 : dispositifs hypersustentateurs 59
4.2.3.2. Cas 2 : vibrations des ailes de l'avion 60
CHAPITRE 5 : DISCUSSION DES RÉSULTATS 61
5.1. Échanges d'informations préliminaires 61
5.2. Échanges d'informations préliminaires selon les situations de travail 61
5.2.1. Échanges d'informations préliminaires en situation de travail séquentiel chevauché 61
5.2. Échanges d'informations préliminaires en situation de travail avec fourniture de service 62
5.3. Échanges d'informations préliminaires en situation de travail itératif chevauché 63
CHAPITRE 6 : CONCLUSION 65
6.1. Conclusion 65
6.1.1. Situations de travail 65
6.1.2. Echanges d'informations préliminaires 66
6.2. Retombées 66
6.3. Limitations et futures recherches 67
RÉFÉRENCES 69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Activités de développement de produits (Ulrich et Eppinger, 1995, p15) 10
Tableau 2.2 : Liste des barrières au niveau individuel (Riege, 2005)..... 26
Tableau 2.3 : Liste des barrières au niveau organisationnel (Riege, 2005) 26
Tableau 2.4 : Liste des barrières au niveau technologique (Riege, 2005) 27
Tableau 5.1 : Cas d'échanges d'informations préliminaires 61
Tableau 5.2 : Cas d'échanges d'informations préliminaires en situation de travail séquentiel chevauché 62
Tableau 5.3 : Cas d'échanges d'informations préliminaires en situation de travail avec fourniture de service 63
Tableau 5.4 : Cas d'échanges d'informations préliminaires en situation de travail itératif chevauché 64

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Développement traditionnel de produits vs Ingénierie concourante (Clark et Fujimoto, 1991) 6
Figure 2.2 : Développement séquentiel vs concourant (Clark et Fujimoto, 1991) 7
Figure 2.3 : Équipe multifonctionnelle pour un produit simple (Pomponi, 1998) 12
Figure 2.4 : Équipes multifonctionnelles pour un produit complexe (Pomponi, 1998) 13
Figure 2.6 : Stratégies de partage (Terwiesch et al., 2002) 19
Figure 2.7 : Données, informations et connaissances (Cartier, 2003) 21
Figure 4.1 : Structure organisationnelle du programme Alpha (niveau 1) 39
Figure 4.2 : Phases de développement du programme Alpha 40
Figure 4.3 : Activités de l'équipe *Commandes de vol* 42
Figure 4.4 : Activités de l'équipe *Technique* 44
Figure 4.5 : Espace de stockage commun de l'équipe *Commandes de vol* 48

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

1.1. Pertinence de la recherche

Durant les quinze dernières années, les entreprises manufacturières ont profondément rationalisé leurs processus de développement de produits. En effet, pour faire face à la pression accrue des consommateurs et à la multiplication de la concurrence à l'échelle mondiale, elles ont du modifier leurs méthodes de développement de produits afin de développer et de produire plus vite des produits répondant aux attentes de leurs clients.

Ce changement rapide de l'environnement extérieur a conduit les entreprises à revoir leur traditionnel processus de développement de produits (séquentiel), pour appliquer le concept de l'ingénierie concourante. L'ingénierie concourante (en anglais, *Concurrent Engineering*) est une approche organisationnelle, conçue pour faciliter et accélérer la création de nouveaux produits. Pour en accélérer le développement, les activités (marketing, conception, production, etc.) sont exécutées en parallèle (chevauchement ou *overlapping*) grâce à l'échange d'informations préliminaires relatives au produit, c'est-à-dire des informations qui n'ont pas encore été finalisées (non stabilisées, imprécises, incomplètes, partielles ou incertaines). Le concept de l'ingénierie concourante est supporté par des équipes multifonctionnelles, responsables de toutes les activités de développement pendant les phases de conception de l'avant-projet jusqu'à la production voire même jusqu'au service après-vente. Toutes ces phases sont ponctuées de revues et de livrables qui permettent de formaliser les caractéristiques désirées puis réelles du produit et de ses sous-systèmes.

Grâce à l'ingénierie concourante, la durée et les coûts des cycles de développement ont pu être sensiblement améliorés. Cependant, la gestion des échanges d'informations préliminaires par les équipes multifonctionnelles reste encore peu maîtrisée dans les entreprises et peu étudiée dans la littérature.

1.2. Plan du mémoire

Ce mémoire se compose de 6 chapitres. Le Chapitre 2 commencera par une revue de la littérature sur les principes de l'ingénierie concourante actuelle. Nous nous attarderons ensuite sur la littérature existante concernant les équipes multifonctionnelles de développement de produits puis sur celle touchant à l'échange d'informations préliminaires. Cette dernière sera complétée par des travaux de recherche sur la gestion des connaissances. À la fin du Chapitre 2, nous critiquerons la revue de littérature puis nous préciserons notre objet de recherche, à savoir, la gestion des échanges d'informations préliminaires au sein d'équipes multifonctionnelles.

Dans le Chapitre 3, nous exposerons le cadre conceptuel sur lequel notre recherche s'est appuyée. Nous développerons la méthodologie employée pour répondre à notre question de recherche, l'étude d'un cas où des échanges d'informations préliminaires ont été observés au sein de deux équipes multifonctionnelles.

Le Chapitre 4 commencera par une description du cas, relativement à l'organisation du développement du produit et des deux équipes multifonctionnelles étudiées. Nous présenterons nos résultats, sous la forme d'exemples de situations de travail où ont lieu des échanges d'informations préliminaires.

Dans le Chapitre 5, une discussion critique prendra place. Pour chaque type de situation de travail, nous confronterons nos résultats sur les échanges d'informations préliminaires dans les équipes multifonctionnelles étudiées avec la littérature présentée dans le Chapitre 2.

En conclusion, nous reprendrons les principaux résultats, puis nous présenterons plusieurs retombées de l'étude. Enfin nous nous examinerons les limites de la présente recherche et nous proposerons des pistes pour de futures recherches.

CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE

2.1. Revue de littérature

Le développement de nouveaux produits est devenu primordial pour de nombreuses industries (Clark et Fujimoto, 1991; Adler et al., 1995). L'émergence d'une concurrence mondiale, la création de marchés fragmentés et le rapide changement des nouvelles technologies ont obligé les compagnies à développer des produits de meilleure qualité, et ceci plus rapidement et de manière plus efficace (Clark et Fujimoto, 1991).

Le développement de produits traditionnel, où les spécialistes réalisent leurs tâches spécialisées de manière séquentielle, est devenue inadéquat et obsolète (Chapman et al., 1992). À cause des plannings très serrés, beaucoup d'ingénieurs ne peuvent attendre que toute l'information soit disponible et ont besoin de commencer « dans l'obscurité » (Terwiesch et Loch, 1999).

Il existe un consensus raisonnable parmi les chercheurs pour dire que l'ingénierie concourante est une approche bénéfique pour réduire le temps de développement ainsi que les coûts de fabrication, tout en améliorant la qualité du produit (Turino, 1992; Terwiesch et Loch, 1999). On peut définir l'ingénierie concourante, appelée aussi IPPD (*Integrated Product and Process Development*), comme une approche systématique de la conception intégrée et simultanée des produits et de leurs processus relatifs, comprenant notamment la fabrication, les tests et le support (Pennell et Winner, 1989). Plus simplement encore, l'ingénierie concourante est le chevauchement d'activités de développement de produits, c'est-à-dire le démarrage précoce d'activités aval (*downstream*) alors même que les activités amont (*upstream*) ne sont pas achevées. Pour Yassine (1999), l'ingénierie concourante est l'incorporation de

l'activité aval dans la résolution de problèmes et la prise de décisions de l'activité amont. Linton et al. (1991) complètent cette définition en ajoutant que le concept de l'ingénierie concourante est supporté par des équipes multifonctionnelles. La mise en application de ce concept a permis à de nombreuses compagnies d'enregistrer de substantielles économies de temps et d'argent (Lawson et Karandikar, 1994). L'ingénierie concourante est devenue le mode commun de développement de produit car le temps de la mise sur le marché a gagné en importance ces quinze dernières années (Takeuchi et Nonaka, 1986; Wheelwright et Clark, 1992; Krishnan et Ulrich, 2001).

2.1.1. Caractéristiques de l'ingénierie concourante

Clark et Fujimoto (1991) ont dénombré cinq dimensions dans lesquelles l'ingénierie concourante se distingue du développement traditionnel de produits (*Figure 2.1*). Ces dimensions sont la synchronisation des activités amont – aval, la richesse des media d'informations, la fréquence de la transmission d'informations, la direction de la communication et la synchronisation des flux d'informations amont – aval. Le développement traditionnel de produits est caractérisé par : un processus séquentiel, des documents informatiques, une fréquence de transmission d'informations faible (les informations transmises sont regroupées), une direction de la communication unilatérale et une transmission tardive des informations finalisées. L'ingénierie concourante est quand à elle caractérisée par : un chevauchement d'activités, un recours au face à face, une fréquence de transmission d'informations élevée (les informations transmises sont fragmentées), une direction de la communication bilatérale et une transmission précoce d'informations préliminaires.

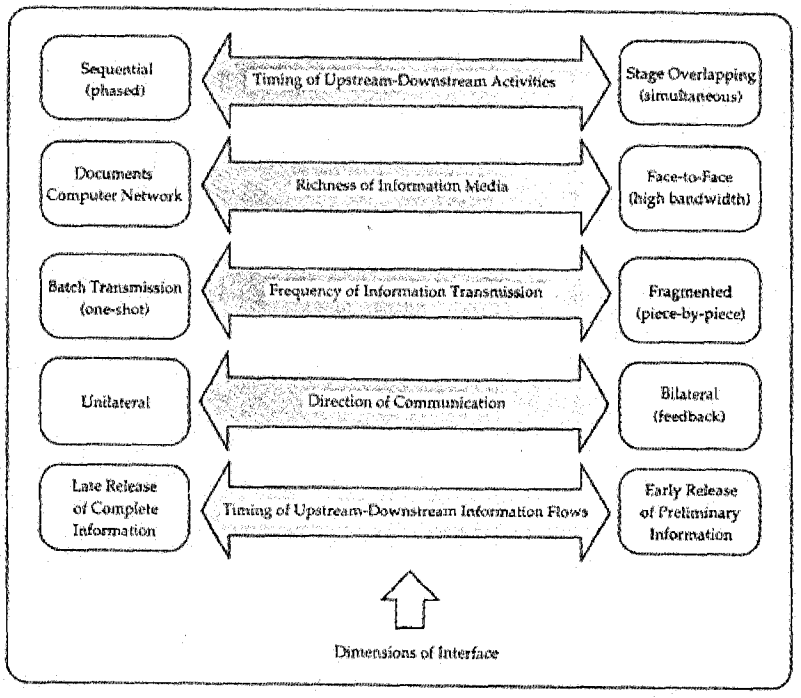


Figure 2.1 : Développement traditionnel de produits vs Ingénierie concourante (Clark et Fujimoto, 1991)

La littérature existante s'est d'abord attachée à développer les quatre premières caractéristiques de l'ingénierie concourante (chevauchement d'activités, recours au face à face, transmission d'informations fragmentées, direction de la communication bilatérale) laissant de côté jusqu'à récemment la dernière, c'est-à-dire la transmission précoce d'informations préliminaires (Terwiesch et al., 2002).

L'approche du développement de produit était traditionnellement séquentielle (*Figure 2.2*) : les spécialistes de l'activité amont exécutaient leurs tâches et fournissaient les informations finalisées à l'activité aval. Ce processus séquentiel a été originellement mis en place par la NASA afin de gérer ses projets aérospatiaux. Le projet se déroulait étape par étape et à la fin de chacune de celles-ci, une vérification permettait soit de passer à l'étape suivante

soit de revenir à l'étape précédente pour correction si nécessaire (Smith et Reinertsen, 1991).

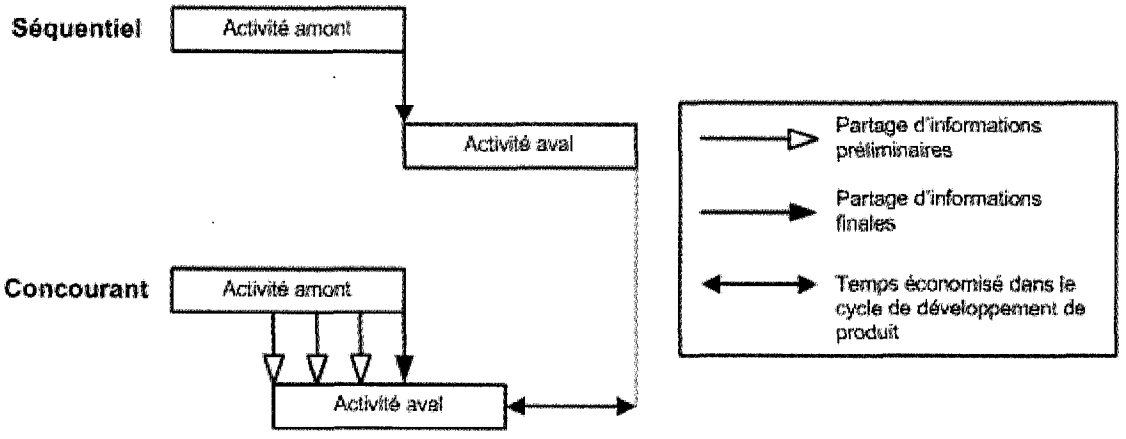


Figure 2.2 : Développement séquentiel vs concourant (Clark et Fujimoto, 1991)

Cependant, le développement séquentiel des produits était fait avec peu ou aucune interaction ou coopération entre les différentes activités, ce qui générait plus de problèmes de conception entre ces activités. Pour éviter de tels problèmes, l'activité aval commence plus tôt par le biais de fréquents échanges d'informations préliminaires avec l'activité amont. Le chevauchement des activités aide à diminuer le temps de développement de produit (Krishnan et al., 1997). L'explication de cette diminution du temps de développement est simple (Takeuchi et Nonaka, 1986) : au lieu de traiter le projet de façon purement séquentiel, une tâche à la fois, l'équipe de développement travaille de manière simultanée sur plusieurs tâches. Le chevauchement des tâches a comme conséquence une compression du cycle de développement.

2.1.2. Équipes multifonctionnelles

D'après Pomponi (1998), la plupart des entreprises manufacturières [en Amérique du Nord] utilisent aujourd'hui des équipes multifonctionnelles pour leurs programmes de développement de nouveaux produits. Cette généralisation s'explique par les directives du Ministère de la Défense des États-unis qui, dès 1995, exigeaient de leurs fournisseurs l'utilisation d'équipes multifonctionnelles pour le développement de leurs produits (Pomponi, 1998). Ce sont donc ces fournisseurs, d'Aéronautique et de Défense, qui ont diffusé le modèle d'ingénierie concourante supporté par des équipes multifonctionnelles depuis lors.

2.1.2.1. Définition

Avant de voir les particularités des équipes multifonctionnelles, il convient de définir avec précision ce que le terme « équipe » signifie. Une définition d'équipe généralement acceptée est :

> *« Un petit nombre de personnes qui possèdent des compétences complémentaires et qui s'engagent à atteindre un but commun, à partager des objectifs de rendement et une approche commune pour lesquels ils sont mutuellement responsables »* (Katzenbach et Smith, 1993, p45).

En ce qui concerne les équipes multifonctionnelles, Klein et Sussman (1995), dans le cadre d'une large étude sur ce type d'équipe, ont fait ressortir quatre critères requis pour qu'une équipe puisse être appelée multifonctionnelle. Ces critères sont :

1. Une mission définie pour développer un produit ou un processus (ou une composante d'un système plus complexe).

2. Des membres multifonctionnels, comprenant un noyau dur qui suit le développement du produit à travers toutes ses étapes.
3. Des livrables dont les requis sont définis et mesurables.
4. Un seul chef d'équipe.

Par exemple, une équipe multifonctionnelle du secteur manufacturier comporte des membres provenant à la fois de domaines techniques comme l'ingénierie de conception et l'ingénierie de fabrication, mais aussi du personnel non technique (finance, marketing, vente), avec un chef d'équipe qui coordonne les efforts tout au long du projet.

2.1.2.2. Activités usuelles des équipes multifonctionnelles

Selon les critères de Klein et Sussman (1995), l'équipe multifonctionnelle est donc dédiée à un seul produit, ou un seul sous-système dans le cas d'un assemblage plus complexe, et est responsable de toutes les activités du développement du concept initial jusqu'à la phase de production. Ce processus de développement se retrouve souvent décomposé de la manière suivante, en cinq étapes principales (Ulrich et Eppinger, 1995) :

1. Développement du concept
2. Conception au niveau du système (conception préliminaire)
3. Conception détaillée
4. Tests et raffinement de la conception
5. Production

Pour un produit complexe, ces étapes sont décomposées en de nombreuses tâches et sous tâches.

Le *Tableau 2.1* montre les activités les plus courantes que rencontrent les équipes multifonctionnelles dans le cadre d'un développement de produits. Ces activités sont d'abord réparties selon la phase de développement de produits (développement du concept, conception au niveau du système, conception détaillée, tests et raffinement de la conception, montée en charge de la production). Ces activités sont aussi réparties selon les principales activités rencontrées lors d'un développement de produits (marketing, conception, production et autres fonctions).

Tableau 2.1 : Activités de développement de produits (Ulrich et Eppinger, 1995, p15)

Concept Development	System-Level Design	Detail Design	Testing and Refinement	Production Ramp-Up
Marketing • Define market segments • Identify lead users • Identify competitive products	• Develop plan for product options and extended product family	• Develop marketing plan	• Develop promotion and launch materials • Facilitate field testing	• Place early production with key customers
Design • Investigate feasibility of product concepts • Develop industrial design concepts • Build and test experimental prototypes	• Generate alternative product architectures • Define major subsystems and interfaces • Refine industrial design	• Define part geometry • Choose materials • Assign tolerances • Complete industrial design control documentation	• Do reliability testing, life testing, and performance testing • Obtain regulatory approvals • Implement design changes	• Evaluate early production output
Manufacturing • Estimate manufacturing cost • Assess production feasibility	• Identify suppliers for key components • Perform make-buy analysis • Define final assembly scheme	• Define piece-part production • Design tooling • Define quality assurance processes • Begin procurement of long-lead tooling	• Facilitate supplier ramp-up • Refine fabrication and assembly processes • Train work force • Refine quality assurance processes	• Begin operation of entire production system
Other Functions • Finance: Facilitate economic analysis • Legal: Investigate patent issues	• Finance: Facilitate make-buy analysis • Service: Identify service issues		• Sales: Develop sales plan	

L'équipe commence généralement avec une liste des besoins des clients ou une mission et se termine lorsque le produit est mis en production, voire même lorsque le produit est lancé sur le marché (ou lorsque le produit n'est plus vendu). Le chef d'équipe facilite typiquement la communication entre les membres fonctionnels et coordonne l'intégration des composantes dans le produit (ou des composantes dans le sous-système dont il la charge). Le champ d'action d'une équipe multifonctionnelle varie selon la complexité du produit développé. Une équipe multifonctionnelle unique peut effectuer tout le développement (conception et processus) pour un produit peu complexe. Pour un produit plus complexe, l'équipe se concentrera sur un seul sous-système. Ce sont alors l'ensemble des équipes multifonctionnelles du projet qui travailleront ensemble pour intégrer leurs conceptions pour en faire un produit complet.

2.1.2.3. Composition des équipes multifonctionnelles

Notre revue de littérature sur les équipes multifonctionnelles ne saurait être complète sans aborder l'aspect de la composition de ce type d'équipe. Bien que l'implication de certains membres varie d'une étape à l'autre, un noyau dur de l'équipe travaille ensemble d'un bout à l'autre du processus de développement du produit ou du sous-système (Pomponi, 1998).

La taille des équipes et leurs membres varie selon le type et la complexité du produit développé. Lorsque le produit développé est peu complexe, une seule équipe peut en avoir la charge. Par exemple, la *Figure 2.3* montre la structure d'une équipe (*Ball-Point Pen IPT, Integrated Product Team*) responsable du développement d'un produit relativement simple : un stylo bille.

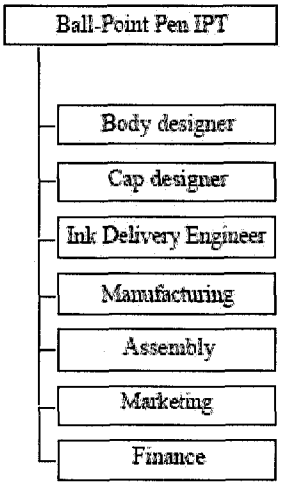


Figure 2.3 : Équipe multifonctionnelle pour un produit simple (Pomponi, 1998)

Dans le cas du développement du stylo bille, des membres issus de plusieurs activités (*body designer, cap designer, ink delivery engineer, etc.*) sont regroupés avec pour objectif commun de développer un stylo bille. Cependant, pour des produits d'une plus grande complexité, une décomposition en plusieurs équipes multifonctionnelles est requise, Dans ce cas, le produit est décomposé en sous-systèmes, les sous-systèmes en sous sous-systèmes et ainsi de suite. Cette décomposition est reproduite pour la structure organisationnelle, ainsi une équipe multifonctionnelle est en charge d'une seule composante du produit. Par exemple, dans le cas du développement d'un avion (*Figure 2.4*), la structure organisationnelle contient de nombreuses équipes multifonctionnelles. L'équipe en charge du développement de l'avion (*Air Vehicle IPT)* est scindée en trois équipes : *engines IPT, Airframe IPT* et *Avionics IPT*. L'équipe en charge de la structure de l'avion *(Airframe IPT)* est elle-même scindée en trois : *Foreward Fuselage IPT, Wing IPT* et *Empennage IPT.*

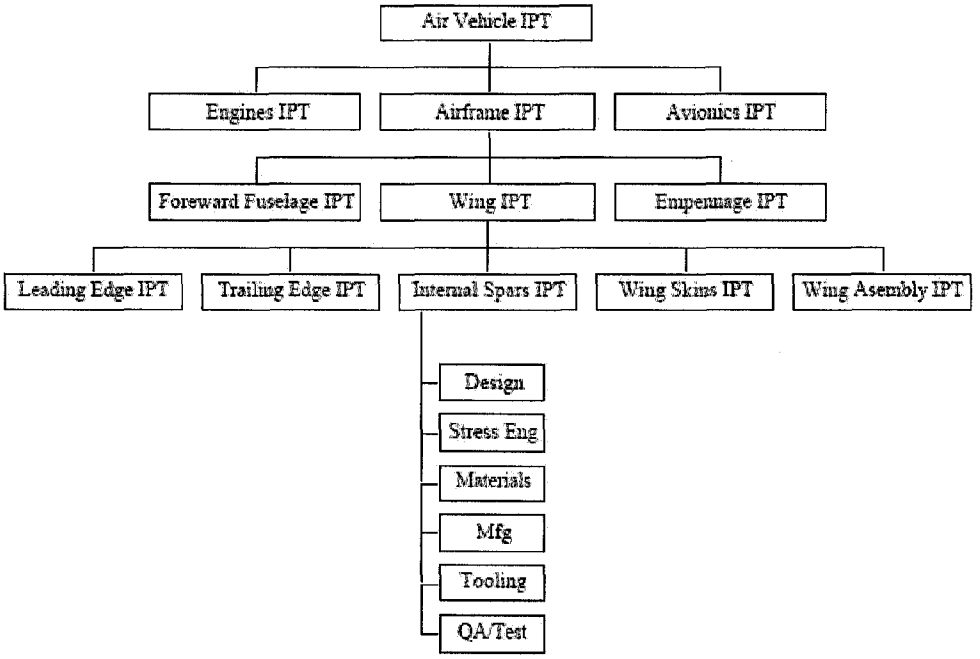


Figure 2.4 : Équipes multifonctionnelles pour un produit complexe (Pomponi, 1998)

Puis l'équipe en charge du développement des ailes de l'avion est composée de cinq équipes multifonctionnelles : *Leading Edge IPT, Trailing Edge IPT, Internal Spars IPT, Wing Skins IPT et Wing Assembly IPT*. Toutes ces équipes multifonctionnelles, en charge d'un seul composant, sont composées de membres issus d'activités diverses comme le montre l'exemple pour l'équipe multifonctionnelle *Internal Spars IPT* : *Design, Stress Engineering, Materials, Manufacturing, Tooling* et *QA/Test*.

Il faut aussi noter l'existence d'équipes qui gèrent l'intégration des sous-systèmes (ou composantes) ainsi que d'autres en charge de la coordination qui n'apparaissent pas sur la figure (Pomponi, 1998).

Bien que la composition des membres des équipes multifonctionnelles puisse varier selon la compagnie et le produit développé, elles doivent toujours

inclure des représentants de l'ingénierie de conception et de fabrication. En plus, des membres des fonctions suivantes en font souvent partie (liste non exhaustive) :

- Qualité
- Méthodes
- Ingénierie des matériaux
- Marketing
- Finances
- Ressources humaines
- Achats
- Maintenance

Certaines entreprises préfèrent avoir seulement le personnel technique inclus de manière permanente dans leurs équipes multifonctionnelles. Dans ce cas, le personnel non technique (marketing, finances, etc.) nécessaire au développement de produits supporte les équipes multifonctionnelles grâce à des représentants qui restent dépendants de leurs structures fonctionnelles.

Les entreprises tendent aussi à inclure leurs fournisseurs dans leurs équipes de développement. En effet, elles sous-traitent de plus en plus la fabrication voire même la conception détaillée de sous-systèmes ou de composantes à des entreprises extérieures. Ces entreprises sous-traitantes sont parfois appelées fournisseurs ou partenaires. Enfin, d'autres représentants peuvent aussi intervenir dans les équipes multifonctionnelles, comme les clients ou les autorités de certification (par exemple Transport Canada dans le cas du développement de produits aéronautiques).

Grâce à leur expertise, les membres contribuent au développement du produit mais aussi à son intégration (Pomponi, 1998). Les membres des

équipes les plus performantes sont ceux qui sont capables d'anticiper les impacts de leur partie du projet sur les autres et de résoudre les conflits afin de réaliser les bons compromis entre les coûts, les délais et les requis de performance (Pugh, 1996).

2.1.2.4. Communication dans les équipes multifonctionnelles

2.1.2.4.1. Définitions de la communication

La communication est l'action de communiquer, c'est-à-dire selon le *Petit Robert* (1986, p346) : « le fait de communiquer, d'établir une relation avec quelqu'un ou quelque chose ». Par extension, il s'agit du processus par lequel une personne (ou un groupe de personnes) émet un message et le transmet à une autre personne (ou groupe de personnes) qui le reçoit, avec une marge d'erreurs possibles (due, d'une part, au codage par l'émetteur de la langue parlée ou écrite, la gestuelle ou d'autres signes et symboles, puis au décodage du message par le récepteur, et d'autre part au véhicule ou canal de communication emprunté) (*Le Trésor de la Langue Française informatisé, 2004*).

Cette extension fait clairement apparaître le défi de la communication dans les équipes multifonctionnelles, c'est-à-dire la capacité des acteurs à comprendre les messages des autres et se faire comprendre des autres.

2.1.2.4.2. Défis de la communication des équipes multifonctionnelles

Selon Loehr (1991), les spécialistes des diverses fonctions abordent les problèmes selon leur « perception du monde », qui est souvent biaisée par leur

spécialité d'origine fonctionnelle. Ainsi, les individus tendent à filtrer les informations rencontrées dans l'équipe, ignorant, très souvent inconsciemment, celles qui ne semblent pas pertinentes à leurs yeux. La diversité des membres dans les équipes multifonctionnelles engendre donc des défis afin de maintenir une communication efficace dans l'équipe. Pour Bernstein (2000), les membres de l'équipe doivent apprendre à travailler collectivement pour développer le produit (ou le sous-système) et pour créer un environnement d'équité mutuelle, de confiance et d'autorité, qui permet de faciliter la communication dans les équipes multifonctionnelles. Enfin, il ajoute, que le recours à la double communication orale (*back and forth communication*) est avantageux, notamment en ce qui concerne la compréhension du message véhiculé pour le récepteur (notion de *feedback*).

2.1.3. Échanges d'informations préliminaires

2.1.3.1. Informations préliminaires

Dans l'ingénierie concourante, l'objectif des membres des équipes multifonctionnelles est de travailler au développement du produit. Pour ce faire, les activités (marketing, conception, production, etc.) sont exécutées en parallèle grâce à l'échange d'informations préliminaires relatives au produit. Ces informations préliminaires sont ambiguës, non stabilisées, imprécises, partielles, incomplètes ou incertaines, susceptibles de changer au cours du temps (Gerwin et Moffatt, 1997).

Pour Terwiesch et al. (2002), les informations préliminaires peuvent être caractérisées selon deux variables : le niveau de *précision* et celui de *stabilité*.

La *précision* de l'information se rapporte à l'exactitude de l'information échangée par l'activité amont vers celle aval. Par exemple, dire qu'un trou de 5

mm de diamètre situé à x=123 mm, y=34 mm est une information précise, alors que dire que la masse du système sera comprise entre 900 et 1000 kg est une information imprécise. De plus, il existe des cas où l'information transmise est incomplète. Par exemple, l'activité amont transmet à l'activité aval l'information suivante : il y aura un trou qui sera situé aux coordonnées x=123 mm, y=34 mm et dont le diamètre sera déterminé ultérieurement. Dans cet exemple, l'information transmise est globalement imprécise car incomplète. Enfin, il existe des cas où l'information transmise multiple. Par exemple, l'activité amont transmet à l'activité aval l'information suivante : il y aura un trou qui aura un diamètre de 5 mm et qui sera situé soit aux coordonnées x=123 mm, y=34 mm soit aux coordonnées x=90 mm, y= 51 mm. Dans cet exemple, chaque cas est précis mais l'information globale transmise est imprécise car multiple.

La *stabilité* de l'information définit la probabilité de changer une information plus tard dans le processus, au cours de l'avancement des activités amont et aval. Par exemple, l'activité amont transmet à l'activité aval l'information suivante : le trou aura un diamètre de 5 mm et sera situé aux coordonnées x=123mm et y=34mm. Ultérieurement, au cours du développement du produit, l'activité aval modifie les caractéristiques du trou : le diamètre du trou sera de 6 mm. L'information préliminaire est donc instable, car elle a évoluée au cours du temps.

2.1.3.2. Stratégies de partage d'informations préliminaires

Selon Terwiesch et al. (2002), trois cas de partage des informations préliminaires sont envisageables, quand :

- l'activité amont transmet à l'activité aval des informations précises et non stables.
- l'activité amont transmet à l'activité aval des informations stables et imprécises, dans le sens incomplètes.
- l'activité amont transmet à l'activité aval des informations stables et imprécises, dans le sens multiples.

Dans le premier cas, les membres de l'activité amont transmettent des informations basées sur leur niveau de connaissance du moment et les résultats finaux sont susceptibles d'être différents. L'activité aval doit alors s'adapter, c'est-à-dire reprendre son travail à chaque fois que les informations évoluent : il y a donc itération. Dans certains cas, pour éviter une reprise de tâches trop importante, l'activité aval peut se rendre flexible, c'est-à-dire rendre son travail moins sensible aux changements effectués par l'activité amont. Dans le second cas, les membres de l'activité amont transmettent dans un premier temps aux membres de l'activité aval seulement les informations qui sont stables même si celles-ci sont incomplètes : elles sont donc imprécises dans leur globalité. Cela peut avoir comme conséquence une attente de l'activité aval, qui peut avoir insuffisamment d'informations pour faire son travail. Enfin, dans le troisième cas, les membres de l'activité amont transmettent à l'activité aval tous les résultats possibles de leur résolution de problèmes, c'est-à-dire plusieurs concepts différents, ce qui fait que les informations préliminaires sont stables et imprécises car multiples. L'activité aval travaille alors sur plusieurs scénarios en

parallèle, jusqu'à ce que l'activité amont retienne un seul des concepts envisagés.

Pour chacun de ces trois cas, Terwiesch et al. (2002) ont identifié respectivement trois stratégies de partage : la reprise de la tâche (correction), l'attente et la duplication (Figure 2.6).

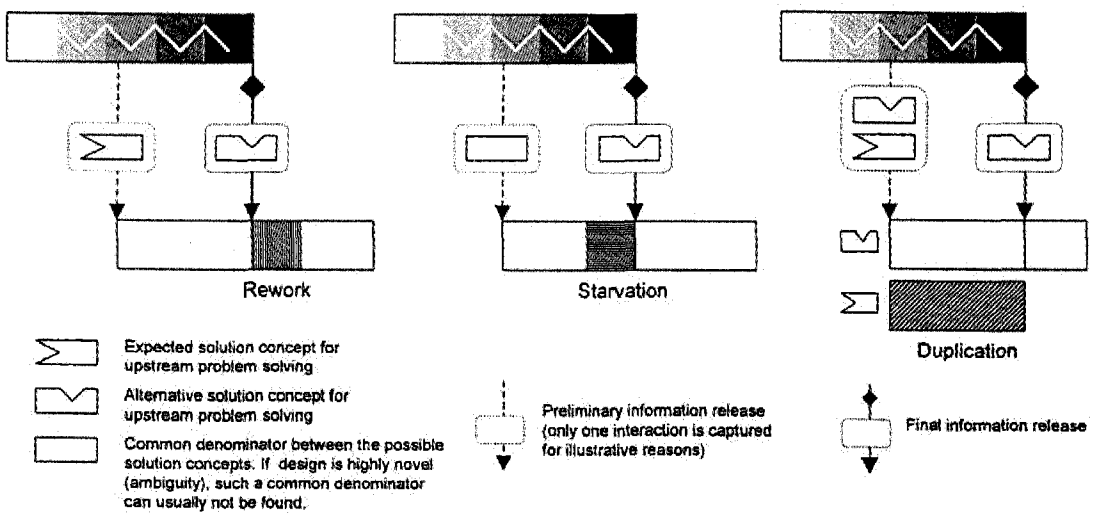


Figure 2.6 : Stratégies de partage (Terwiesch et al., 2002)

2.1.3.3. Communication d'informations préliminaires

Selon Clark et Fujimoto (1991), les équipes multifonctionnelles doivent avoir recours à de la communication intensive, le plus souvent bidirectionnelle. Allen (1977) a observé que la communication change au cours de l'avancement d'un projet, la fréquence de ces échanges diminuant dans le temps, bien que vers la fin elle s'intensifie de nouveau pour faire face aux problèmes d'interface.

Cependant, si la conception est discutée trop fréquemment, alors trop de temps sera consacré dans des revues qui pourraient être autrement dépensées dans la conception des produits. A l'inverse, des revues peu fréquentes,

augmentent les risques d'erreurs non détectées de conception, menant à de fréquentes itérations de la conception (Krishnan et al., 1995).

2.1.4. Gestion des connaissances

Bien qu'il y ait certaines différences, la gestion des échanges d'informations se rapproche de la gestion des connaissances et des savoirs (en anglais, *Knowledge Management*). Les fondements de la gestion des connaissances remontent à Platon (Kakabadse et al., 2003), mais seuls quelques consensus existent chez les chercheurs aujourd'hui – comme la notion de connaissances tacites et explicites (Polanyi, 1966; Nonaka et Takeuchi, 1995). La disparité des points de vue s'explique d'abord par le fait que le nombre de domaines de recherche qui s'intéressent à ce sujet s'accroît depuis les années 90 (Metaxiotis et al., 2005) : ce sont entre autres les sciences humaines (philosophie, sociologie), l'ingénierie (qualité, re-engineering, systèmes d'information, gestion de l'innovation, etc.) et les sciences de gestion (ressources humaines, management).

2.1.4.1. Définitions de l'information et des connaissances

Les termes « connaissances » (*knowledge*), « informations » et « données » sont souvent employés de manière interchangeables dans la littérature et la pratique (Kakabadse et al., 2003). Une distinction est cependant nécessaire :

- les données représentent des observations ou des faits qui sont situés hors contexte, et donc, non directement significatifs (Zack, 1999).
- les informations résultent de l'association de données avec un certain contenu significatif, souvent sous forme de message (Zack, 1999).

- les connaissances sont en quoi les gens croient et estiment lorsqu'ils se basent sur l'expérience, la communication ou l'inférence pour traiter de l'information (les messages) (Blaker, 1995).

Chacun de ces trois domaines (données, informations et connaissances) peut être représentés dans une échelle (*Figure 2.7*), sur laquelle les données représentent le premier niveau, les informations le second et les connaissances le dernier (Cartier, 2003). Lorsque les gens mettent en contexte des données, on parle d'informations. Puis lorsqu'ils associent ces informations avec leurs expériences, on parle de connaissances. Enfin, les gens prennent des actions à partir de ces connaissances.

Cependant, des recherches plus récentes, notamment celle de Williams (2006), montrent que chacun de ces trois domaines peut contenir implicitement des paramètres du niveau suivant (une taxonomie de niveau supérieur), c'est-à-dire que les données contiennent implicitement des paramètres du domaine d'information ; et l'information contient implicitement des paramètres du domaine des connaissances. Mais l'inverse est également vrai.

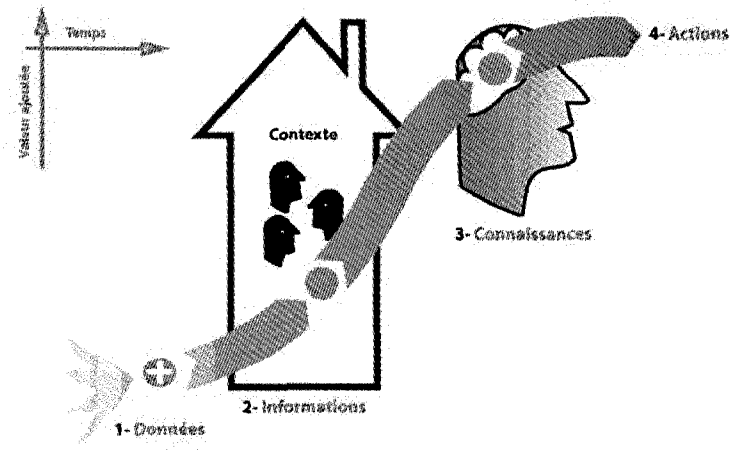


Figure 2.7 : Données, informations et connaissances (Cartier, 2003)

Polanyi (1966) a affirmé en premier lieu l'idée que « nous en connaissons plus que nous pouvons en dire », qu'il formalisa par la suite en deux états, les connaissances tacites et explicites :

- les connaissances tacites sont très personnelles et délicates à formaliser, ce qui les rend difficiles à communiquer et à partager avec d'autres individus. Elles se composent de perspicacités, d'intuitions, d'impressions subjectives, et sont profondément enracinées aussi bien dans les actions et les expériences des individus que dans leurs idéaux, leurs valeurs ou leurs émotions.
- les connaissances explicites sont des connaissances codifiées qui peuvent être transmises dans un langage formel et systématique.

Snowden (1998, p84) compare de manière métaphorique les connaissances tacites avec celles qui sont explicites :

> *« La carte (information) est un artéfact créé grâce à des connaissances explicites. Elle fournit une série d'itinéraires et d'options qui peuvent être prises pour la journée. Le guide peut avoir recours à la carte, mais peut également utiliser ses connaissances tacites. Cependant, un client pourrait défier la sagesse reçue du guide par sa curiosité et sa naïveté qui peuvent le mener à la découverte d'un nouvel itinéraire. »*

Enfin, Koskinen (2003) ajoute qu'il n'y a pas de dichotomie entre connaissances tacites et explicites, mais plutôt un spectre de connaissances dont les extrêmes seraient les connaissances tacites et les connaissances explicites.

2.1.4.2. Modes de partage des connaissances

Comme nous avons vu précédemment, les connaissances peuvent être vues selon leur état (tacite et explicite). Cependant, elles peuvent être aussi comprises comme des processus. Nonaka et Takeuchi (1995) ont proposé quatre modes de conversion : la *socialisation* (tacite vers tacite), l'*extériorisation* (tacite vers explicite), la *combinaison* (explicite vers explicite) et l'*intériorisation* (explicite vers tacite).

Selon Nonaka et Takeuchi (1995), la *socialisation* (de tacite vers tacite) est un processus de partage d'expériences créant des connaissances tacites telles que les modèles mentaux partagés et les aptitudes techniques. Un individu peut acquérir des connaissances tacites directement des autres sans utiliser explicitement le langage. L'*extériorisation* est un processus d'articulation des connaissances tacites en concepts explicites. C'est un processus qui est la quintessence de la création de connaissances parce que les connaissances tacites deviennent explicites sous la forme de métaphores, analogies, concepts, hypothèses ou modèles. Le mode d'extériorisation de conversion des connaissances se retrouve typiquement dans le processus de création de concepts ; il est déclenché par le dialogue ou la réflexion collective. Parmi les quatre modes de conversion, l'extériorisation joue un rôle clef dans la création de connaissances parce qu'elle crée de nouvelles connaissances, explicites, à partir de connaissances tacites. La *combinaison* est un processus de systématisation de concepts en un système de connaissances. Les individus échangent et combinent les connaissances par des média tels que les documents, les réunions, les conversations téléphoniques et les réseaux de communication informatisés (comme par exemple les systèmes ayant recours aux bases de données informatiques). L'*intériorisation* est un processus d'incorporation des connaissances explicites en connaissances tacites. Pour

que les connaissances explicites deviennent tacites, il est utile qu'elles soient verbalisées ou présentées sous formes de diagrammes dans des documents, manuels ou récits oraux. De surcroît, les documents et manuels facilitent le transfert de connaissances explicites vers d'autres personnes, les aidant de ce fait à faire indirectement l'expérience des expériences des autres.

Alors que les connaissances explicites sont aisément transférables, il n'en est pas de même pour les connaissances tacites. Ces dernières sont très difficilement manipulables, car difficiles à expliciter. Le second problème est qu'elles forment la partie immergée de l'iceberg, c'est-à-dire que les connaissances sont dans l'ensemble majoritairement tacites (Matsumoto et al., 2005). Bien que ces constats soient connus, de nombreuses entreprises ont tenté de mettre en place des processus de transformation des connaissances tacites en connaissances explicites, car ces dernières sont plus facilement *gérables*, alors même que des chercheurs comme Nonaka et Takeuchi dès 1995 insistaient : « *knowledge could not be managed but led* » (p50).

La complexité à extraire les connaissances tacites a abouti à porter une attention accrue aux processus sociaux qui aident à rendre les connaissances tacites explicites plutôt que de gérer l'extraction des connaissances via des systèmes informatiques (Bhardwaj et Monin, 2006). Kim et Mauborgne (1997) ajoutent que la création et le partage des connaissances tacites ne peuvent être supervisés ou extraits de force des individus. Ces activités se produisent seulement lorsque les gens coopèrent volontairement. Nonaka et Takeuchi (1995) mettent l'emphase sur le besoin de proximité et de relations sociales afin que les individus partagent leurs connaissances tacites grâce au dialogue et aux activités.

Finalement, de nombreuses différences de point de vue entre les chercheurs sont apparues au sujet du partage des connaissances. Pour les sociologues, le partage des connaissances est relatif aux individus et donc aux processus sociaux. Les spécialistes des systèmes informatiques arguent que les technologies jouent une fonction importante dans le partage et la création des connaissances, sans lesquels les pratiques de partage seraient nettement moins efficaces (Riege, 2005). Bernstein (2000) insiste sur le fait que la communication de connaissances tacites est facilitée par la co-localisation et permet la résolution rapide des problèmes. Pour Tsoukas (2002), il est même plus important de gérer les connaissances tacites plutôt que de les rendre explicites. Même lorsque l'explicitation des connaissances tacites est possible, une dégradation du message à faire passer est constatée (Mooradian, 2005). Si toutes les connaissances tacites ne peuvent être rendues explicites, alors la difficulté majeure est de distinguer les connaissances qui peuvent et qui doivent être rendues explicites de celles qui vont rester à l'état tacites (Mooradian, 2005).

2.1.4.3. Barrières au partage des connaissances

De nombreuses études ont été consacrées aux barrières entravant le partage des connaissances. Certaines se sont concentrées sur la culture d'organisation (Chasse, 1998 ; McDermott et O'Dell, 2001) ou la culture nationale (Michailova et Husted, 2003). D'autres ont orienté leurs analyses sur la confiance parmi les employés (Von Krogh et Roos, 1996). D'autres encore ont cherché des différences entre les petites et moyennes entreprises versus les grandes entreprises (McAdam et Reid, 2001). Face à cette grande diversité, Riege (2005) a tenté de regrouper les différentes barrières existantes. Il les a

divisé en trois catégories : les barrières potentielles individuelles, les barrières potentielles organisationnelles et les barrières potentielles technologiques.

Au niveau des barrières potentielles individuelles, on trouve le manque de temps, la crainte de perdre leur emploi, le manque de réalisation des bénéfices que peut apporter le partage de connaissances aux autres, etc. (*Tableau 2.2*).

Tableau 2.2 : Liste des barrières au niveau individuel (Riege, 2005)

1.	General lack of time to share knowledge, and time to identify colleagues in need of specific knowledge;
2.	Apprehension of fear that sharing may reduce or jeopardise people's job security;
3.	Low awareness and realisation of the value and benefit of possessed knowledge to others;
4.	Dominance in sharing explicit over tacit knowledge such as know-how and experience that requires hands-on learning, observation, dialogue and interactive problem solving;
5.	Use of strong hierarchy, position-based status, and formal power ("pull rank");
6.	Insufficient capture, evaluation, feedback, communication, and tolerance of past mistakes that would enhance individual and organisational learning effects;
7.	Differences in experience levels;
8.	Lack of contact time and interaction between knowledge sources and recipients;
9.	Poor verbal/written communication and interpersonal skills;
10.	Age differences;
11.	Gender differences;
12.	Lack of social network;
13.	Differences in education levels;
14.	Taking ownership of intellectual property due to fear of not receiving just recognition and accreditation from managers and colleagues;
15.	Lack of trust in people because they may misuse knowledge or take unjust credit for it;
16.	Lack of trust in the accuracy and credibility of knowledge due to the source; and
17.	Differences in national culture or ethnic background; and values and beliefs associated with it (language is part of this).

Au niveau des barrières potentielles originaires de l'organisation (l'entreprise), on trouve le manque d'approches claires de stratégie de partage de connaissances, le manque de leadership qui vise à communiquer clairement les bénéfices du partage de connaissances, le manque d'infrastructures et de ressources, le manque d'espaces de réunion formels et informels ainsi que d'environnement physique, etc. (*Tableau 2.3*).

Tableau 2.3 : Liste des barrières au niveau organisationnel (Riege, 2005)

1.	Integration of knowledge management strategy and sharing initiatives into the company's goals and strategic approach is missing or unclear;
2.	Lack of leadership and managerial direction in terms of clearly communicating the benefits and values of knowledge sharing practices;
3.	Shortage of formal and informal spaces to share, reflect and generate (new) knowledge;
4.	Lack of a transparent rewards and recognition systems that would motivate people to share more of their knowledge;
5.	Existing corporate culture does not provide sufficient support for sharing practices;
6.	Knowledge retention of highly skilled and experienced staff is not a high priority;
7.	Shortage of appropriate infrastructure supporting sharing practices;
8.	Deficiency of company resources that would provide adequate sharing opportunities;
9.	External competitiveness within business units or functional areas and between subsidiaries can be high (e.g. not invented here syndrome);
10.	Communication and knowledge flows are restricted into certain directions (e.g. top-down);

11.	Physical work environment and layout of work areas restrict effective sharing practices;
12.	Internal competitiveness within business units, functional areas, and subsidiaries can be high;
13.	Hierarchical organisation structure inhibits or slows down most sharing practices; and
14.	Size of business units often is not small enough and unmanageable to enhance contact and facilitate ease of sharing.

Enfin, au niveau des barrières potentielles de source technologique on trouve le manque d'intégration des systèmes informatiques avec les processus de partage qui peuvent avoir une influence sur la manière dont les gens font les choses, le manque de support technologique, les attentes irréalistes des employés entre ce qu'ils attendent des technologies et ce qu'elles peuvent réellement faire, etc. (*Tableau 2.4*).

Tableau 2.4 : Liste des barrières au niveau technologique (Riege, 2005)

1.	Lack of integration of IT systems and processes impedes on the way people do things;
2.	Lack of technical support (internal or external) and immediate maintenance of integrated IT systems obstructs work routines and communication flows;
3.	Unrealistic expectations of employees as to what technology can do and cannot do;
4.	Lack of compatibility between diverse IT systems and processes ;
5.	Mismatch between individuals' need requirements and integrated IT systems and processes restricts sharing practices;
6.	Reluctance to use IT systems due to lack of familiarity and experience with them;
7.	Lack of training regarding employee familiarisation of new IT systems and processes; and
8.	Lack of communication and demonstration of all advantages of any new systems over existing ones.

2.2. Objet de la recherche

2.2.1. Critique de la revue de littérature

Depuis la fin des années 80, de nombreux auteurs ont contribué à l'étude de l'ingénierie concourante (Takeuchi et Nonaka, 1986; Pennell et Winner, 1989; Clark et Fujimoto, 1991; Linton et al., 1991; Chapman et al., 1992; Wheelwright et Clark, 1992; Lawson et Karandikar, 1994; Terwiesch et Loch, 1999; Yassine, 1999; Krishnan et Ulrich, 2001; etc.). Malgré toutes ces recherches, l'une des caractéristiques de l'ingénierie concourante, la transmission précoce d'informations préliminaires, reste relativement peu étudiée.

Terwiesch et al. (2002) ont été quasiment les seuls à s'intéresser aux échanges d'informations préliminaires. Cependant, leur recherche est

essentiellement orientée sur les impacts que peuvent avoir le partage d'informations préliminaires pour l'activité aval et moins vers la nature des informations préliminaires échangées (stabilité et précision).

Selon Clark et Fujimoto (1991), une des finalités des échanges en ingénierie concourante consiste à rendre les informations initialement préliminaires, stables et précises. À notre connaissance, les recherches existantes sur les informations préliminaires n'évoquent pas cet aspect.

Il nous semble dès lors pertinent de traiter la gestion des échanges d'informations préliminaires, dans le sens des moyens mis en œuvre pour rendre des informations initialement imprécises, précises et/ou des informations initialement non stables, stables.

2.2.2. Objectif de la recherche

Pour essayer de combler cet aspect non traité dans la littérature, nous avons comme objectif, dans notre recherche, d'étudier la gestion des échanges d'informations préliminaires dans des équipes multifonctionnelles, dans le cadre d'un développement de produit en ingénierie concourante.

Tout au long de notre recherche, nous avons tenté de répondre à la question suivante :

> *Comment peuvent être gérés les échanges d'informations préliminaires lors d'un processus de développement de produit intégré au sein d'équipes multifonctionnelles ?*

CHAPITRE 3 : CADRE CONCEPTUEL ET MÉTHODOLOGIE

3.1. Cadre conceptuel

La présente recherche s'inscrit dans un contexte d'ingénierie concourante. Comme nous l'avons vu précédemment, il s'agit d'une approche systématique de la conception intégrée et simultanée des produits et de leurs processus relatifs (fabrication, tests, etc.) (Pennell et Winner, 1989).

L'ingénierie concourante est supportée par une ou plusieurs équipes multifonctionnelles qui conçoivent, spécifient et développent un produit. Ces équipes regroupent des individus qui possèdent des compétences complémentaires (multifonctionnelles) sous l'égide d'un seul chef d'équipe et qui s'engagent à atteindre un but commun (développer un produit ou un de ses sous-systèmes), à partager des objectifs de rendement (livrables) et une approche commune pour lesquels ils sont mutuellement responsables (Klein et Sussman (1995).

L'une des caractéristiques majeures de l'ingénierie concourante est le chevauchement d'activités de développement de produits, c'est-à-dire le démarrage précoce d'activités aval alors même que les tâches de l'activité amont ne sont pas achevées, lors d'un processus de partage d'informations préliminaires de l'activité amont vers l'activité aval.

Le terme activité de développement est retenu pour définir un groupe de personnes issu d'une même spécialité (ou fonction) qui travaille sur des tâches spécifiques à leur spécialité, au sein d'une équipe multifonctionnelle.

Ces informations préliminaires sont caractérisées par deux variables : le niveau de *précision* et le niveau de *stabilité* (Terwiesch et al., 2002). La *précision* de l'information se rapporte à l'exactitude de l'information échangée par l'activité amont vers celle aval. Nous retiendrons en plus qu'une information préliminaire imprécise peut être peu détaillée, incomplète ou multiple. La *stabilité* de l'information, quand à elle, définit la probabilité de changer une information plus tard dans le processus, au cours de l'avancement des activités amont et aval.

Pour analyser les échanges d'informations préliminaires, nous eu recours comme champ de référence à la situation de travail, définie ainsi : « *une forme d'engagement d'un certain nombre d'employés d'une même unité ou de plusieurs unités de travail dans un type quelconque d'activités productives (de biens ou de services, pour l'intérieur ou pour l'extérieur de l'organisation)* » (Alsène et Pichault, 2007). Nous en avons relevé trois : les situations de travail chevauché, les situations de travail avec fourniture de service et les situations de travail itératif chevauché.

Les situations de travail séquentiel chevauché sont des situations où l'activité aval prend en relais le travail de l'activité amont, alors même que le travail de l'activité amont n'est pas achevé. Cette définition comme caractéristiques : la transmission d'informations préliminaires de l'activité amont vers l'activité aval, l'absence d'itérations entre les deux activités (c'est-à-dire que les résultats du travail de l'activité aval n'influe pas sur l'activité amont) et l'absence d'implication de l'activité aval dans le prise de décision du travail de l'activité amont.

Les situations de travail avec fourniture de service sont des situations où une activité qui n'est pas achevée fait appel à une autre activité afin qu'elle lui

rende un service. Les situations de travail avec fourniture de service ont comme particularité : la transmission d'informations préliminaires vers l'activité qui fournit le service, l'implication de l'activité fournisseuse de service dans la prise de décision de l'activité principale et l'absence d'itérations.

Les situations de travail itératif chevauché concernent deux activités interdépendantes (amont et aval) qui font converger leurs résultats lors d'un processus itératif. L'activité amont transmet à l'activité aval des informations préliminaires. Cette dernière, après avoir effectué son travail, transmet à l'activité amont des informations préliminaires. À partir de celles-ci, l'activité amont transmet de nouvelles informations préliminaires à l'activité aval pour que cette dernière puisse affiner ses résultats, et ainsi de suite. Les situations de travail itératif chevauché ont comme particularité : la transmission d'informations préliminaires dans les deux sens (amont vers aval et aval vers amont) et la présence d'un processus itératif.

3.2. Méthodologie de la recherche

3.2.1. Stratégie de la recherche

Selon Yin (1989), lorsque la question de recherche porte sur le comment et que les événements, sur lesquels l'investigateur a peu ou pas de contrôle, sont contemporains, une étude de cas permet de combler le manque de connaissances. Nous prendrons la définition du terme « *étude de cas* » suivante comme référence :

> « Une étude de cas est une enquête empirique qui investit un phénomène récent dans un contexte réel lorsque les frontières entre le phénomène et le contexte ne sont pas évidentes et dans lequel plusieurs sources d'évidence sont utilisées. » (Yin, 1989)

De plus, dans notre étude, la recherche est exploratoire car il s'agit d'étudier des situations où les conclusions ne sont pas prédéfinies (pas d'hypothèses). Enfin, lorsque la recherche est exploratoire, nous pouvons nous contenter de l'étude d'un seul cas, en tant que prélude pour de futures recherches (Yin, 1989). C'est pourquoi notre étude s'est limitée à collecter des données dans un seul programme de développement de produits dans une entreprise. Cependant, afin que l'étude de cas soit suffisamment consistante en termes d'exploitation des résultats et d'analyse, plusieurs unités d'analyses ont été prises en compte, c'est-à-dire que la collecte de données a été réalisée dans plusieurs équipes multifonctionnelles, appartenant à un programme de développement d'un produit unique dans une entreprise (*embedded case study*).

Notre étude a cherché à investiguer l'échange d'informations préliminaires dans des équipes multifonctionnelles concrètes, issues d'une entreprise industrielle, en utilisant les procédures développées dans la suite de ce chapitre afin d'en tirer des leçons sur la gestion des échanges d'informations préliminaires.

3.2.2. Conception de l'étude de cas

Puisque notre recherche est exploratoire et que l'étude de cas répond à nos besoins, nous avons retenu une série de critères correspondant au sujet de la recherche afin de sélectionner un cas approprié.

3.2.2.1. Critères de sélection du cas

La question de recherche aborde des thèmes qui permettent de définir deux critères nécessaires pour que la collecte des données soit pertinente vis-à-vis des besoins de la recherche.

Premièrement, l'étude de cas doit se situer dans un contexte d'ingénierie concourante. Cela signifie que l'entreprise étudiée doit impérativement posséder un projet qui se déroule par phases, de la conception jusqu'à la mise en production au moins, avec des chevauchements d'activités de développement. En accord avec la littérature existante, l'étude de cas est restreinte au secteur industriel car c'est presque uniquement dans ce secteur que s'est développé l'ingénierie concourante (Yassine, 1999).

Deuxièmement, les concepts dérivés relatifs à l'ingénierie concourante, comme la notion d'équipes multifonctionnelles, doivent avoir été implantés dans le projet de développement de produits. Les équipes doivent avoir des membres provenant de différentes fonctions : d'abord l'ingénierie de conception et l'ingénierie de production, mais peut être en plus la qualité, les méthodes, l'ingénierie des matériaux, le marketing, les finances, les ressources humaines, les achats, la maintenance, etc. Enfin, elles doivent être sous l'égide d'un seul chef, partager un objectif commun (développer un produit ou un de ses sous-systèmes) et partager des objectifs de rendement (livrables).

Ce sont ces deux critères nous ont permis de sélectionner un cas d'analyse pour collecter les données nécessaires à la recherche.

3.2.2.1. Sélection du cas

À partir de ces critères, nous avons recherché des entreprises qui satisfassent à nos critères dans la région de Montréal. Nous avons utilisé le classement du journal *Les Affaires*, qui recense les 500 plus grandes entreprises du Québec. Celui-ci nous a permis d'identifier une demi-douzaine d'entreprises correspondantes à nos deux critères. À la suite de plusieurs entretiens, une grande entreprise du secteur aéronautique de la région de Montréal nous a autorisé à récolter les données nécessaires à l'aboutissement de ce projet de recherche.

Dans l'entreprise en question, le développement d'un nouvel avion était en cours. Il s'agissait d'un projet de grande envergure qui impliquait beaucoup de personnel de toutes les fonctions, et ce, dès le commencement du programme car celui-ci était développé avec les concepts de l'ingénierie concourante que nous avons expliqués auparavant. Les personnes qui travaillaient sur ce programme étaient réparties dans plusieurs équipes multifonctionnelles, chacune ayant la charge d'un sous-système précis. En complément, d'autres équipes, fonctionnelles, travaillaient sur les autres aspects du projet.

3.2.3. Méthodologie de collecte des données

En accord avec l'entreprise, la collecte de données s'est déroulée sur une période de huit mois. Cette étape, jugée essentielle par Yin (1989), se traduit par un protocole détaillé. Le recours à un protocole pour la collecte de données est important, entre autres pour améliorer la fiabilité de l'étude de cas. Ce protocole est une base de travail pour améliorer la pertinence des données qui sont recueillies lors de l'étude de cas. Grâce à lui, nous maximisons nos

chances de récolter des données exploitables pour l'analyse. Nous l'avons décomposé en quatre étapes :

1. Familiarisation avec l'entreprise et le programme de développement de produits ;
2. Sélection des équipes multifonctionnelles qui interviennent dans le cas considéré ;
3. Préparation de la collecte des données désirées ;
4. Collecte des données.

L'étape de familiarisation nous a permis de comprendre et d'analyser l'entreprise. En effet, cette entreprise est à l'image des produits qu'elle développe : grande et complexe. Un temps d'adaptation nous a été nécessaire pour intégrer l'organisation, la terminologie employée (acronymes, termes aéronautiques, etc.) et les spécificités liées au développement d'un avion (les composantes, les phases de développement et leurs livrables, les problématiques récurrentes comme la masse, la certification, etc.). Cette phase nous a aussi aidé à nous familiariser avec les outils technologiques (et leurs procédures) en usage sur le programme (courriels, gestion des données, gestion de l'information).

La seconde étape a servi à sélectionner les équipes multifonctionnelles dans lesquelles les données seraient recueillies. Nous nous sommes appuyés sur notre second critère (Cf. section 3.2.2.1.) pour choisir ces équipes. Deux équipes ont été retenues que nous nommerons : *Commandes de vol* et *Technique*.

L'étape de la préparation de la collecte de données consiste à définir les moyens qui permettent de recueillir au mieux les données nécessaires à la recherche et uniquement celles-ci. Selon Yin (1989), trois types de sources

différentes peuvent intervenir dans une collecte de données : *la documentation*, *les entrevues* et *l'observation directe*. La *documentation* est un type de donnée explicite. Elle comprend notamment la variété des documents suivants : lettres, memoranda (mémos), courriels, agendas, échéanciers, minutes de réunion (et tout autre écrit rapportant des événements), rapports préliminaires, rapports d'avancement, organigrammes, budgets, etc. Une des sources les plus importantes pour l'étude de notre cas sont les *entrevues*. Nous avons opté pour des entrevues semi-structurées. Les entretiens se sont déroulés en tête à tête avec la personne interviewée sous la forme d'une conversation guidée par des questions ouvertes dérivées du protocole de collecte de données pendant une durée déterminée (entre 15 et 30 minutes dans notre étude). Enfin, le dernier type de source que nous avons utilisé est *l'observation directe*. En effet, puisque la récolte de données s'est effectuée « sur site » sur une période de temps significative, nous avons eu l'opportunité d'observer directement deux équipes multifonctionnelles en action. L'observation directe est un moyen propice pour récolter des informations supplémentaires en assistant notamment aux réunions, en réalisant des sortes d'interviews informelles et en observant les comportements.

De plus, selon Yin (1989), la qualité des données recueillies peut être maximisée si l'on suit trois principes que voici. Il faut d'abord essayer d'utiliser des sources de nature variée afin de pouvoir recouper les données, comme par exemple croiser les données recueillies des entrevues avec des documents écrits. En effet, les documents, bien qu'utiles, doit être analysés avec attention, car il ne sont pas toujours approuvés ou validés, et ne correspondent pas systématiquement à des faits réels. Il est donc nécessaire de recouper les documents avec d'autres types de sources pour s'assurer de leur bien fondé. De même, les interviews permettent d'aborder des faits qui n'ont pas été formalisés dans des documents, mais possèdent aussi des inconvénients dus

au facteur humain des personnes interviewées et de l'intervieweur lui-même (comme par exemple le biais et les omissions d'événements). Il faut ensuite organiser les données récoltées et les documenter de manière formelle, grâce notamment à des notes et des rapports. Enfin, le dernier principe est de maintenir la fiabilité du processus de la récolte de données. Cela est possible en faisant intervenir des « personnes extérieures » qui viennent vérifient si la récolte de données suit bien le protocole de recherche.

Enfin la dernière étape consiste à récolter les données sur le terrain en ayant toujours en tête le but de la recherche. Lors de notre récolte de données, nous avons eu accès à la documentation de l'entreprise, et plus particulièrement la documentation relative au programme de développement en cours comme les organigrammes, les mémos, les présentations et toutes sortes de documents de travail. De plus, nous avons interviewé une grande partie des membres des deux équipes retenues (12 sur 17 pour l'équipe *Commandes de vol* et 23 sur 46 pour l'équipe *Technique*) lors d'entrevues semi structurées, et ce dans toutes les activités de développement présentes dans ces deux équipes. Enfin, notre présence pendant huit mois au sein du programme d'un développement de produits nous a largement permis de faire de l'observation directe, notamment en assistant passivement à de nombreuses réunions de travail.

3.2.4. Méthode d'analyse des données

Dans un premier temps, l'analyse des données a consisté à identifier des situations de travail où se produisaient des échanges d'informations préliminaires. À partir des données recueillies dans les deux équipes multifonctionnelles, nous avons retenu 9 exemples de situations de travail, où des échanges d'informations préliminaires ont été observés, relevant de trois types de situations de travail : les situations de travail séquentiel chevauché, les

situations de travail avec fourniture de service et les situations de travail itératif chevauché.

Dans un second temps, nous avons étudié la stabilité et la précision des informations préliminaires échangées pour chaque type de situation de travail.

Enfin, nous avons confronté nos résultats avec la littérature pour en déterminer comment peuvent être gérés les échanges d'informations préliminaires.

CHAPITRE 4 : DESCRIPTION DU CAS ET RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

4.1. Description du cas

L'entreprise étudiée est une grande entreprise du secteur aéronautique de la région de Montréal. Nous appellerons cette compagnie *Aéro*. En raison de cette origine géographique, l'entreprise est soumise à une double culture, francophone et anglophone. Le cas étudié concerne un programme de développement d'un nouvel avion, que nous nommerons le programme *Alpha*.

4.1.1. Description de l'organisation du programme Alpha

Dès le début du programme *Alpha*, en 2004, l'entreprise s'est dotée d'une organisation de type WBS (*Work Breakdown Structure*). Il s'agit d'une structure de projet, importée de l'ingénierie des systèmes, qui comporte des équipes dédiées à la gestion de projet, à l'activité de conception intégrée du système (Sous-systèmes #1 à #6), à l'activité Tests du système, à l'activité Opérations (production et assemblage du système) et à l'activité Support à la clientèle (*Figure 4.1*).

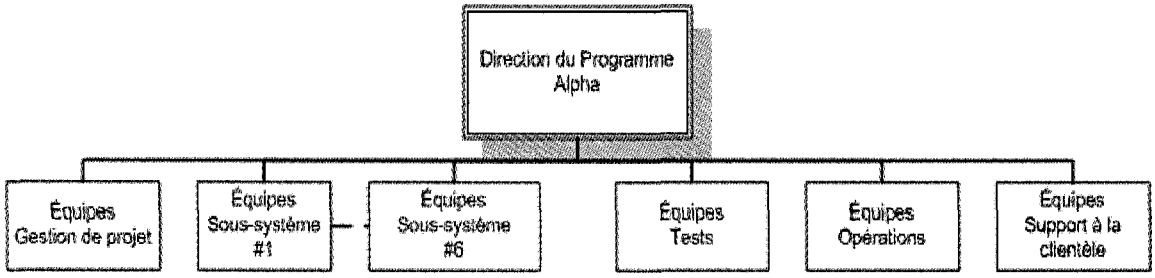


Figure 4.1 : Structure organisationnelle du programme Alpha (niveau 1)

Les équipes dédiées à la Gestion de projet comprennent diverses fonctions comme Marketing, Finance, Ressources Humaines, etc. Elles sont centralisées et n'ont pas de représentants dans les équipes multifonctionnelles qui gèrent le développement du système. Chacun des six sous-systèmes comprend plusieurs équipes multifonctionnelles, en charge des composantes de ces sous-systèmes. Enfin, les équipes dédiées aux activités de développement Tests, Opérations et Support à la clientèle gèrent des domaines couvrant l'ensemble du programme et les traitent dans leur globalité, tout en ayant des représentants dans les équipes multifonctionnelles.

Le programme *Alpha* est aussi organisé en phases (*Figure 4.2*). Le but de la phase P1 est de définir les premiers concepts du programme *Alpha.* La phase P2 consiste à choisir des solutions techniques pour le système et ses composantes à partir des concepts globaux retenus lors de la phase P1. Lors des phases P3, P4 et P5, il y a un raffinement de la conception du système qui passe par des étapes de définition préliminaire puis détaillée, jusqu'à ce que la définition du système soit arrêtée (définition du produit « gelé »). Spécifique au secteur aéronautique, la phase P6 vise à obtenir la certification du produit par les autorités publiques, et donc dans ce but des tests sont réalisés. Enfin, lors de la phase P7 (Finalisation du programme de développement) a lieu la production du système et le service après-vente.

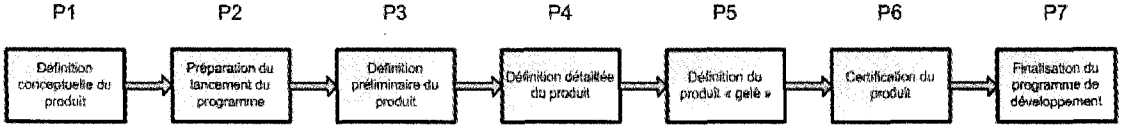


Figure 4.2 : Phases de développement du programme Alpha

La collecte de données de cette étude s'est déroulée pendant la phase P2 du programme, c'est-à-dire la phase de préparation du lancement, entre décembre 2005 et mars 2006, dans deux équipes multifonctionnelles, *Commandes de vol* et *Technique*, qui font parties respectivement des sous-systèmes #1 et #3.

4.1.2. Description des équipes

4.1.2.1. Description de l'équipe *Commandes de vol*

L'équipe multifonctionnelle *Commandes de vol* a pour mission de développer le système de commandes de vol électriques et de l'intégrer dans le produit. Les commandes de vol sont le système faisant le lien entre le pilote et les gouvernes aérodynamiques qui permettent de modifier la trajectoire de l'avion. Ce système est composé d'organes de pilotage, d'actionneurs (vérins, hydrauliques ou électriques) pour bouger les gouvernes, de calculateurs et d'un système de transmission entre les organes de pilotage et les actionneurs.

Durant la collecte de données (phase P2 du programme), les dix sept membres de l'équipe, issus de différentes activités de développement, étudiaient les différentes solutions techniques pour les éléments constituant le système et définissaient avec le fournisseur, qui était un partenaire extérieur à l'entreprise, les requis techniques du système. L'équipe Commandes de vol est une équipe multifonctionnelle dans la mesure où différentes activités de développement sont impliquées (*Figure 4.3*) : la Conception, les Tests, la Simulation, les Opérations, le Support à la clientèle, la Gestion de projet et le Fournisseur.

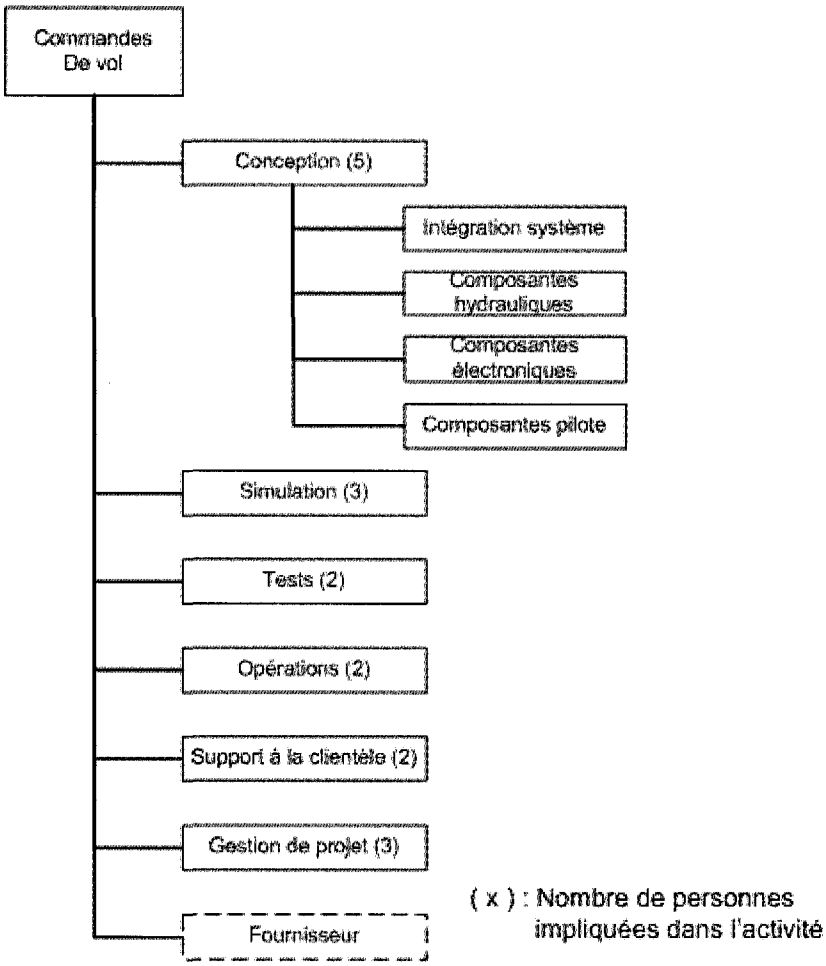


Figure 4.3 : Activités de l'équipe *Commandes de vol*

L'activité *Conception* est soutenue par cinq membres : trois ingénieurs spécialistes qui s'occupent de la conception des composantes (actionneurs, commandes pilotes, etc.) et deux ingénieurs qui intègrent ces composantes en un système complet. Les membres de cette activité déterminent les concepts et développent les requis techniques avec les membres des autres activités, puis conçoivent avec le fournisseur le système et ses composantes.

Le travail des deux membres de l'activité *Simulation* consiste à concevoir des méthodes de modélisation mathématique du système Commandes de vol

électrique, puis à faire « tourner » ces modèles afin de vérifier grâce à ces simulations que les modèles sont conformes avec les requis techniques, notamment en termes de performance et de fiabilité.

Les deux membres de l'activité *Tests* planifient et conçoivent les tests qui permettrons de vérifier et de valider, pendant la phase P6, que les composantes du système fabriqués par le fournisseur soient conformes aux requis techniques.

L'activité *Opérations*, composée de deux membres, consiste à s'assurer que les requis techniques du système soient fabricables et assemblables, au moindre de coût et avec la qualité nécessaire.

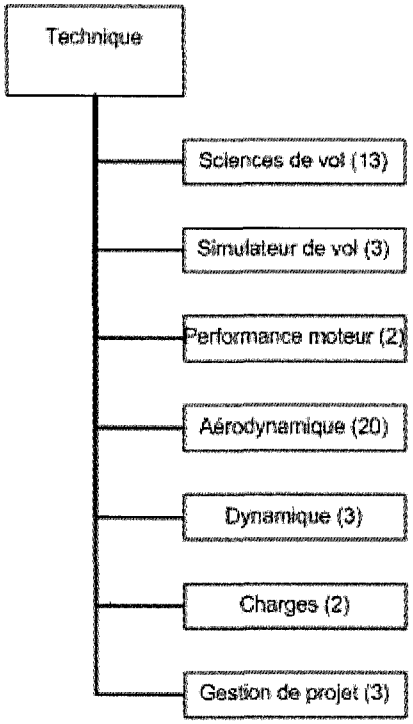
Les deux membres de l'activité *Support à la clientèle* s'assurent que les requis techniques soient « orientés client », c'est-à-dire que les composantes du système remplissent un certain nombre de critères concernant la maintenance, la fiabilité et la performance.

L'activité *Gestion de projet* est composée de trois membres : le chef de l'équipe *Commandes de vol*, le planificateur qui gère les cédules de développement du système Commandes de vol et d'un intégrateur qui fait la liaison avec les membres des équipes dédiées aux autres sous-systèmes du produit.

Enfin, les activités du *Fournisseur* sont de réaliser la conception et la fabrication des composantes du système, à partir des requis techniques négociés avec l'activité Conception. Bien que présent aux côtés de l'équipe *Commandes de vol*, le Fournisseur constitue un élément à part, car ses membres ne font pas partie de l'entreprise *Aéro.*

4.1.2.2. Description de l'équipe *Technique*

L'équipe multifonctionnelle *Technique* a pour mission de gérer la configuration de l'avion au niveau global, c'est-à-dire de ses performances (aérodynamique, aéroélasticité, résistance aux charges statiques et dynamiques, etc.). Ses quarante six membres sont impliqués dans différentes activités de développement, ce qui en fait une équipe multifonctionnelle (*Figure 4.4*) : Sciences de vol, Simulateur de vol, Performance moteur, Aérodynamique, Dynamique, Charges, Acoustique, Thermodynamique et Gestion de projet.



(x) : Nombre de personnes impliquées dans l'activité

Figure 4.4 : Activités de l'équipe *Technique*

Le travail des treize membres de l'activité *Sciences de vol* consiste, en partie, à analyser des routes pour des clients (compagnies aériennes) afin d'en déterminer les divers paramètres comme le coût d'opération, les temps de vol, etc., mais aussi les paramètres de configuration (angles d'attaques, angles des volets, etc.) selon les phases de vol (décollage, atterrissage et croisière) et les aéroports concernés. Enfin ses membres définissent aussi la stabilité de l'avion (organes hypersustentateurs) et son contrôle (réaction de l'avion aux forces et aux moments appliqués).

Les trois membres de l'activité *Simulateur de vol* conçoivent le simulateur de vol qui sert à tester de nombreuses caractéristiques : convivialité du cockpit, comportement de l'avion, etc.

Les trois membres de l'activité *Performance moteur* réalisent des modèles de simulation thermodynamique pour le moteur afin de produire des informations relatives à sa performance comme la poussée au décollage, la poussée en montée, etc.

L'activité *Aérodynamique* consiste à construire des modèles de simulations numériques d'une partie ou de la totalité de l'avion. Elle procède notamment aux calculs de paramètres aérodynamiques (portance, traînée, etc.), aux calculs des formes de glace (simulation de l'accumulation de givre sur des parties de l'avion) ou encore aux calculs de l'aéroélasticité des ailes. Les membres de cette activité sont au nombre de vingt.

Les membres des activités *Dynamique* et *Charges* ont pour tâche de définir, respectivement, les conditions de chargement statique et dynamique (forces et moments) que rencontre l'avion aussi bien en vol que lors des phases de décollage et d'atterrissage.

Enfin, l'activité *Gestion de projet* est composée de trois membres : le chef de l'équipe *Technique*, le planificateur qui gère les cédules de développement de l'activité et d'un intégrateur qui fait la liaison avec les membres des équipes dédiées aux autres sous-systèmes de l'avion.

4.1.3. Description de l'environnement de travail

4.1.3.1. Espaces de travail

Lors de la phase P2 du programme *Alpha*, la quasi-totalité des 500 personnes impliquées pour le développement du produit étaient logés dans un bâtiment de quatre étages. Le personnel, qui occupe trois de ces quatre étages, comprend les membres des équipes et des représentants de leurs fournisseurs respectifs, ainsi que toute la direction du programme. L'équipe multifonctionnelle Commandes de vol occupe une partie du 2ième étage alors que l'équipe multifonctionnelle Technique occupe une grande partie du 4ième étage. À chaque étage, on trouve les caractéristiques suivantes :

- des bureaux qui se jouxtent dans un espace semi-ouvert dont les cloisons ne dépassent pas 1m50 de hauteur;
- des salles de réunions closes, équipées de vidéo projecteurs, d'accès à l'Intranet et de téléphones pour les conférences à distance ;
- de petites salles closes pour le travail en intimité des employés ou pour les appels téléphoniques ;
- des espaces ouverts, scindés en deux parties, l'une pour les services d'impression, de courrier et de télécopieur, et l'autre pour les pauses café et déjeuner (équipées de tables et chaises, machine à café et frigidaire).

4.1.3.2. Outils informatiques

Sur ce programme, l'entreprise a comme volonté de promouvoir un environnement sans papier. Elle a donc fourni un certain nombre de systèmes informatiques afin de faciliter l'échange de données informatisées pour limiter les impressions papier de documents. Les membres utilisent essentiellement le système de gestion de courriels Lotus Notes, l'espace de stockage commun de l'équipe et un système de gestion du contenu (modifié pour les besoins du programme).

Le *système de gestion des courriels* sert pour l'envoi et la réception de courriels, ainsi que pour la gestion de leur archivage, et aussi pour la gestion des rendez-vous (réunions, rencontres, etc.). Chaque utilisateur a un profil, limité à 30 Méga-octets de mémoire. Quand l'utilisateur dépasse cette limite, il doit alors soit supprimer des courriels ou leurs pièces jointes, soit les archiver sur son disque personnel. Les courriels servent à partager des informations, de toute nature, dans le corps du texte. Ces courriels peuvent être accompagnés de pièces jointes (ou de liens hypertextes renvoyant à des documents stockés dans des bases de données). Ils peuvent aussi servir à donner de l'information à certains membres précis de leur équipe multifonctionnelle ou à tous, par l'intermédiaire de listes de diffusion.

L'espace de stockage commun permet d'enregistrer les données de chaque équipe dans un lieu commun pour tous ses membres. Les membres des équipes y stockent toutes leurs données de travail communes, aussi bien les documents (rapports, mémos, livrables, etc.) que les données de calculs, leurs résultats et leurs programmes. L'emplacement des nouveaux fichiers est notifié soit de manière orale (lors d'un face à face informel ou lors d'une réunion), soit par l'envoi d'un courriel. L'organisation de cet espace est gérée par l'équipe

multifonctionnelle, c'est-à-dire que ses membres peuvent créer la structure de dossiers qui leurs conviennent. L'accès à ces espaces est restreint aux membres de chaque équipe, c'est-à-dire qu'ils ont un libre accès en lecture et en écriture à tous les dossiers et données. Chaque espace de stockage commun possède une structure de répertoire propre aux membres de chaque équipe multifonctionnelle, qui comprend généralement des dossiers communs (sujets techniques, documents de gestion, etc.) et des dossiers personnels nominatifs. La structure retenue pour l'équipe *Commandes de vol* comprend différents répertoires communs (certification, documents, données fournisseur, livrables, mémo, mémo fournisseur, processus) et un par activité de développement (Intégration, opérations, simulation, support à la clientèle, système #1, système #2, système #3, tests) comme le montre la *Figure 4.5*. La structure utilisée par l'équipe *Technique* est du même ordre, mais il existe cependant un espace de stockage commun pour chaque activité de développement : Sciences de vol, Simulateur de vol, Performance moteur, Aérodynamique, Dynamique, Charges, Acoustique et Thermodynamique.

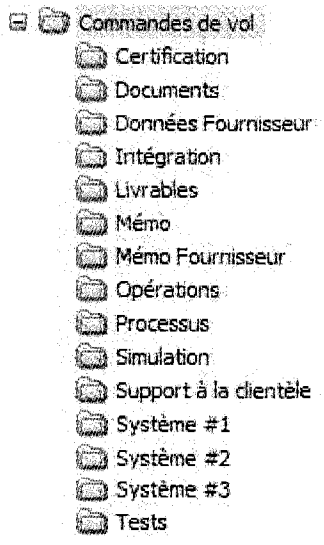


Figure 4.5 : Espace de stockage commun de l'équipe *Commandes de vol*

Enfin, le dernier outil informatique utilisé est le *système de gestion du contenu*. Le système de gestion de contenu fonctionne comme une sorte de « bibliothèque » (*Repository* en anglais). L'interaction avec ce système se fait par l'intermédiaire d'une interface Web, appelée le *Webtop*, dans laquelle les usagers se connectent grâce à un identifiant et un mot de passe. Ils peuvent y avoir accès, de manière sécurisée, via l'Intranet quand ils sont sur un des sites de l'entreprise ou par l'Internet quand ils sont à l'extérieur. L'organisation des données est stricte et s'inspire du WBS décrit dans la section 4.1.1., c'est-à-dire que chaque groupe possède un répertoire (Management, Système #1, Système #2, etc.). Il n'y a pas de sous répertoire, mais à la fin de la phase P2, chaque répertoire comprenait plus de 1000 fichiers. Par l'intermédiaire du système de gestion du contenu, les membres des équipes ont accès à plusieurs fonctionnalités comme le stockage, le partage, la modification, l'accès, la recherche de documents, etc. Les membres des équipent stockent dans le système de gestion du contenu les documents qu'ils désirent partager : des rapports, des présentations, des livrables, des procédures, des listes d'actions, des listes de tâches, des listes de priorités, des échéanciers. Les documents stockés dans le système de gestion du contenu sont accolés d'une étiquette comportant une série d'attributs comprenant le nom du document, le propriétaire, des mots clefs, des références diverses (comme le programme) et surtout les noms des utilisateurs ou des équipes qui peuvent accéder à ces documents. Pour partager des documents, leurs propriétaires doivent d'abord donner des droits d'accès aux personnes avec qui ils désirent partager des documents, puis envoyer l'adresse de ces documents, appelé lien hypertexte (*Web-link*). Ces liens sont transmis par courriel via la messagerie Lotus Notes (les deux systèmes étant intégrés pour cette fonctionnalité). Le système a été configuré pour que les équipes puissent échanger avec leur fournisseur et les autorités de certification les documents qu'elles désirent. Si des modifications

sont apportées à un document, le système génère une nouvelle version de celui-ci et garde toutes les versions. Le lien hypertexte envoyé pointe directement sur la dernière version, assurant à l'usager de travailler avec celle-ci. Mais les utilisateurs du système peuvent encore avoir accès aux précédentes versions avec leurs dates de création et de modifications, les attributs du document restant les mêmes –ce qui est utile pour le traçage. Pour accéder à un document stocké dans la base de données du système, les utilisateurs peuvent cliquer sur le lien hypertexte qui leur ouvre le fichier directement (s'ils en ont la permission). Pour rechercher des documents dans la base de données du système de gestion du contenu, les membres des équipes utilisent la fonctionnalité « recherche » qui est un moteur de recherche. Les utilisateurs ont le choix de lancer une recherche basique, ou d'accéder au menu de recherche avancée. Le menu pour la recherche avancée présente divers critères pour affiner la recherche : le nom du document, l'auteur, le propriétaire, les mots clefs, les dates de création et de modification ainsi que le statut (nouveau, en révision, en approbation ou relâché), etc. Enfin, le système de gestion du contenu possède des fonctionnalités plus complexes comme le *Workflow* (qui est un processus de révision et d'approbation de documents), l'outil de notification, l'outil de souscription automatique, etc.

4.2. Résultats

Dans les deux équipes retenues, plusieurs cas d'échanges d'informations préliminaires ont été relevés dans un contexte d'ingénierie concourante. Nous allons en présenter neuf, relevant de trois types de situations de travail : les situations de travail séquentiel chevauché, les situations de travail avec fourniture de service et les situations de travail itératif chevauché.

4.2.1. Situations de travail séquentiel chevauché

4.2.1.1. Cas 1 : Commandes des gouvernes de profondeur

Les tests du système de commandes de vol électrique commencent à être définis à partir de la phase de Préparation du lancement du programme (phase P2 du programme *Alpha*), même s'ils ne sont mis en œuvre que lors de la phase P6. Les membres de l'activité Conception conçoivent notamment les organes de pilotage qui comprennent plusieurs paramètres de contrôle (joysticks, pédales, leviers, etc.). Les membres de l'activité Tests conçoivent les tests de ces organes de pilotage, c'est-à-dire les moyens (matériels et logiciels) et les processus qui permettent de vérifier que les organes de pilotage fabriqués sont conformes aux requis techniques établis par la conception en termes de performance, de fiabilité et d'intégration avec les autres composantes du système de commandes de vol électriques.

Pour commander les gouvernes de profondeur, les membres de l'activité Conception ont retenu comme solution technique un système mécanique à pédales, deux pour le pilote (gauche et droite) et deux pour le copilote. Cette solution technique est partagée aux autres membres de l'équipe Commandes de vol, y compris ceux de l'activité Tests, lors d'une réunion. À partir de cette

information conceptuelle, les membres de l'activité Tests définissent les tests qui seront mis en œuvre pendant la phase P6 : pour tester chaque pédale des gouvernes de profondeur, une jauge de contrainte sera mise en place qui permettra de mesurer la force du senseur grâce à un signal analogique. Les membres de l'activité Conception détaillent ensuite les caractéristiques techniques désirées des pédales commandant les gouvernes de profondeur : temps de réponse, déplacement des pédales vs force ressentie du pilote, etc. Ces requis sont formalisés dans le document de requis technique du système de commandes de vol électrique (un des livrable de la phase P2) et communiqués en réunion aux autres membres de l'équipe Commandes de vol. A partir de ce complément d'information sur les pédales de gouvernes de profondeur, plus détaillé, les membres de l'activité Tests continuent la conception des tests des pédales des gouvernes de profondeur. Ces nouvelles données leur permettent de définir les valeurs numériques que les pédales des gouvernes de profondeur doivent atteindre.

L'information préliminaire qui est transmise au début de la phase P2 par les membres de l'activité Conception aux membres de l'activité Tests peut être considérée comme une information imprécise, du fait qu'elle est incomplète – elle est en effet précisée par la suite par des données complémentaires. Ces données complémentaires ne viennent toutefois pas altérer le concept initial transmis. On peut donc dire que l'information préliminaire est de type stable.

La transmission de cette information préliminaire permet aux membres de l'activité Tests de commencer la conception des tests des pédales des gouvernes de profondeur plus tôt. Cependant, les membres de l'activité Tests doivent attendre que l'information initiale soit détaillée pour pouvoir continuer leur travail sur la conception des tests des gouvernes de profondeur.

4.2.1.2. Cas 2 : Analyse de routes

Les membres de l'activité Performance moteur déterminent les caractéristiques de performances des moteurs de l'avion comme la poussée au décollage, la poussée en phase ascensionnelle, etc. Ces caractéristiques sont nécessaires à l'activité Sciences de vol, pour que ses membres puissent faire des analyses de routes pour les clients.

Au début de la phase P2, les membres de l'activité Performance moteur transmettent comme information aux membres de l'activité Sciences de vol des données de poussée des moteurs : poussée nominale et maximale au décollage, en phase ascensionnelle et en vol stabilisé. À partir de ces données, les membres de l'activité Sciences de vol étudient des routes pour les clients, c'est-à-dire les temps de vol et les coûts d'exploitation pour aller d'un aéroport X à un aéroport Y. Lorsque la conception des moteurs change, les membres de l'activité Performance moteur modifient les données de poussée des moteurs puis transmettent ces modifications aux membres de l'activité Sciences de vol. Les membres de l'activité Sciences de vol reprennent alors leurs calculs d'analyse de routes avec les données modifiées.

Les informations (poussée au décollage, la poussée en montée, etc.) que transmet l'activité amont (Performance moteur) à l'activité aval peuvent être vues comme très précises (chiffres exacts) mais à chaque modification dans la conception des moteurs, ces informations changent, ce qui amène les membres de l'activité Sciences de vol à reprendre ses tâches pour en corriger le contenu : les informations transmises par l'activité amont peuvent donc être considérées comme peu stables.

4.2.1.3. Cas 3 : contrôle de l'avion

Le contrôle de l'avion comprend plusieurs axes de rotation : horizontal (tangage), vertical (roulis) et normal (lacet). Pour calculer le contrôle de l'avion, les membres de l'activité Sciences de vol ont besoin des forces et des moments appliqués sur l'avion, qui lui sont fournies par les membres de l'activité Dynamique.

À la fin de la phase P1, les membres de l'activité Dynamique transmettent aux membres de l'activité Sciences de vol les forces et les moments appliqués sur chaque partie de l'avion (ailes, fuselage, etc.) selon plusieurs scénarios de vol (décollage, phase de vol stabilisé, atterrissage, turbulences, etc.). À partir de ces données, les membres de l'activité Sciences de vol calculent les paramètres de contrôle de l'avion selon les mêmes scénarios de vol. Cependant, les modifications apportées à l'avion durant les phases du programme affectent les paramètres utilisés par les membres de l'activité Sciences de vol. Les membres de l'activité Dynamique calculent puis transmettent aux membres de l'activité Sciences de vol de nouvelles données de forces et de moments. Les membres de l'activité Sciences de vol reprennent alors leurs calculs des paramètres de contrôle avec ces nouvelles données.

L'information préliminaire qui est transmise à la fin de la phase P1 par les membres de l'activité Dynamique aux membres de l'activité Sciences de vol peut être considérée comme une information précise, car il s'agit de données exactes mais la modification des données initiales rend l'information préliminaire non stable.

4.2.2. Situations de travail avec fourniture de service

4.2.2.1. Cas 1 : Simulation du système commandes de vol électrique

Dans le programme *Alpha*, une modélisation du système de commandes de vol électriques est réalisée afin de tester le système par simulation numérique. Lors de la phase P2, la modélisation et les simulations servent aux membres de l'activité Simulation pour valider la conception du système décrite par des requis techniques, qui sont élaborés par les membres de l'activité Conception.

Les membres de l'activité Conception transmettent aux membres de l'activité Simulation les concepts retenus ainsi que les requis techniques du système de commandes de vol électrique, dont ceux qui ont trait à la sécurité. À partir de ces informations, les membres de l'activité Simulation réalisent un programme qui permet de faire fonctionner virtuellement le comportement du système de commandes de vol électrique, dans des situations normales et anormales. Grâce aux résultats de ces simulations, ils identifient les problèmes rencontrés puis prennent part à leurs résolutions avec les membres de l'activité Conception.

L'information préliminaire qui est transmise par les membres de l'activité Conception aux membres de l'activité Simulation peut être considérée comme une information imprécise car incomplète –elle est en effet précisée par la suite par des données complémentaires. Ces données complémentaires ne viennent toutefois pas altérer le concept initial transmis. On peut donc dire que l'information préliminaire est de type stable.

4.2.2.2. Cas 2 : actionneurs des gouvernes de profondeur

Lors de la phase P2 du programme *Alpha*, l'équipe multifonctionnelle *Commandes de vol* doit choisir le concept à retenir pour les actionneurs des gouvernes de profondeur (élévateurs) de l'avion parmi les trois options suivantes : 3 actionneurs et 2 modes de fonctionnement (actif et atténué), 2 actionneurs et 3 modes de fonctionnement (actif, atténué et bloqué) ou 2 actionneurs et 2 modes de fonctionnement (actif et atténué). Pour faire ce choix, l'activité Conception font appel aux membres des activités Opérations et Support à la clientèle afin de sélectionner l'option la plus avantageuse aussi bien d'un point de vue ingénierie de conception que d'ingénierie de fabrication et assemblage et de service après vente.

Les membres de l'activité Conception transmettent aux membres des activités Opérations et Support à la clientèle des informations décrivant les trois options envisagées : liste de points forts et faibles, qui comprennent des éléments (la masse, le nombre de pièces, le coût, le coût moyen de maintenance, le niveau de risque pour la conception, etc.) ainsi que l'option qu'ils préconisent appuyée par des commentaires. À partir de ces informations préliminaires, les membres des activités Opérations et Support à la clientèle transmettent à l'activité Conception leur avis, c'est-à-dire l'option qu'ils recommandent accompagnée de justifications. Par exemple, les Opérations estiment qu'une des options est bien plus avantageuse car elle permet de sauver plusieurs heures d'assemblage dans la ligne de production. Enfin, le choix du concept se fait avec l'ensemble des activités concernées (Conception, Opérations et Support à la clientèle), sur la base de toutes les estimations collectées. Dans le cas des actionneurs des gouvernes de profondeur, l'option retenue est celle soutenue par l'activité Opérations.

Les informations transmises par les membres de l'activité Conception peuvent être considérées comme des informations imprécises car elles sont multiples (plusieurs options sont envisagées). De plus, ces informations peuvent être vues comme stables, car elles sont suffisamment détaillées pour prendre une décision.

4.2.2.3. Cas 3 : calculateurs du gouvernail de direction

Les requis techniques du système de commandes de vol électrique, livrés par les membres de l'activité Conception lors de la phase P2 du programme *Alpha*, contiennent notamment des spécifications relatives à la maintenance, la fiabilité et la performance du système. Afin que les spécifications des calculateurs du gouvernail de direction soient plus à même de répondre à la demande des clients, les membres de l'activité Conception font appel aux membres de l'activité Support à la clientèle.

Les membres de l'activité Conception transmettent aux membres de l'activité Support à la clientèle le concept envisagé pour les calculateurs du gouvernail de direction. À partir de ces informations, les membres de l'activité Support à la clientèle fournissent leur avis sur la fiabilité de ce concept : ils suggèrent aux membres de l'activité Conception, grâce à leur expérience, de corriger leur conception en ajoutant un calculateur supplémentaire, en redondance, afin d'avoir la fiabilité conforme aux requis techniques du système de commandes de vol électriques.

Les informations transmises par les membres de l'activité Conception peuvent être considérées comme des informations imprécises car elles sont incomplètes (il s'agit d'informations peu détaillées). De plus, ces informations

peuvent être vues comme stables, car le concept proposé par les membres de l'activité Conception ne change pas.

4.2.2.4. Cas 4 : actionneurs du stabilisateur horizontal

Le programme *Alpha* avait comme particularité de faire participer des Fournisseurs dans la conception des systèmes avant que ceux-ci n'en réalisent la fabrication. Dans le cas du système de commandes de vol électrique, les membres de l'activité Conception définissent ses requis et ses concepts alors que le Fournisseur réalise ses études techniques, sa conception et sa fabrication.

Pour l'actionneur qui contrôle la rotation du stabilisateur horizontal, l'activité Conception transmet au Fournisseur les deux concepts envisagés : des actionneurs utilisant la puissance électrique ou hydraulique. Le Fournisseur réalise alors une conception préliminaire des deux concepts (conception, performances, masse, coûts, durée de vie, etc.) qu'elle communique aux membres de l'activité Conception. En parallèle, les membres de l'activité Conception étudient pour chaque concept des éléments comme le niveau de complexité pour la conception, l'assemblage et la maintenance, ainsi que le niveau de connaissances de l'entreprise des deux technologies. Sur la base de toutes ces informations, l'activité Conception choisi l'un des concept.

L'information préliminaire qui est transmise par les membres de l'activité Conception au Fournisseur peut être considérée comme une information imprécise, du fait qu'elle est multiple –l'imprécision est éliminée dès que l'activité Conception retient l'un des concept. De plus on peut dire que

l'information transmise est de nature stable, car chaque concept originellement transmis n'a pas été modifié.

4.2.3. Situations de travail itératif chevauché

4.2.3.1. Cas 1 : dispositifs hypersustentateurs

La conception des dispositifs hypersustentateurs (*High Lift*, comme les volets et les bords d'attaque) est réalisée par les membres des activités Sciences de vol et Aérodynamique. Les dispositifs hypersustentateurs sont caractérisés par les angles des volets et des bords d'attaque selon les phases de vol (décollage, atterrissage et croisière).

Pour concevoir les dispositifs hypersustentateurs lors de la phase de décollage de l'avion, les membres de l'activité Sciences de vol transmettent aux membres de l'activité Aérodynamique les paramètres nécessaires : les angles des volets et des bords d'attaque. Les membres de l'activité Aérodynamique utilisent ces informations préliminaires pour modéliser et simuler les performances (portance, traînée et tangage) des dispositifs hypersustentateurs pendant la phase de décollage. Ces paramètres sont ensuite transmis à l'activité Sciences de vol qui, à partir des résultats des simulations aérodynamiques, redéfinit les performances de l'avion. La conception des dispositifs hypersustentateurs aboutit alors par l'itération de ce processus d'optimisation.

L'information préliminaire qui est transmise par les membres de l'activité Sciences de vol aux membres de l'activité Aérodynamique peut être considérée comme une information non stable –elle est en effet modifiée lors des processus d'itération de la conception. De plus, on peut dire que l'information préliminaire est précise, car les informations transmises sont des données exactes.

4.2.3.2. Cas 2 : vibrations des ailes de l'avion

Dans l'équipe multifonctionnelle *Technique*, une des tâches prioritaires consiste à calculer les vibrations des ailes de l'avion, notamment afin de vérifier que celles-ci ne rentrent pas en résonance. Pour réaliser ces calculs, les membres des activités *Charges* et *Dynamique* transmettent à l'activité *Aérodynamique* les charges statiques et, plus importantes encore, les charges dynamiques qui influent sur les ailes. En les combinant avec les informations relatives à la conception des ailes, les membres de l'activité *Aérodynamique* simulent le mouvement élastique des ailes imposé par le chargement aérodynamique, en fonction de l'altitude et de la vitesse de l'avion.

Les membres des activités Charges et Dynamique transmettent respectivement les charges statiques et les charges dynamiques aux membres de l'activité Aérodynamique. Les membres de l'activité Aérodynamique simulent alors le mouvement élastique des ailes imposé par le chargement aérodynamique, en fonction de l'altitude et de la vitesse de l'avion. Les résultats de l'activité Aérodynamique déterminent des prédictions de vibrations, par rapport à la vitesse et l'altitude de l'avion et ont pour conséquence la modification de la conception aérodynamique de l'aile, ce qui implique aussi des changements pour les activités Charges et Dynamique, puis de nouveau l'activité Aérodynamique.

L'information préliminaire qui est transmise par les membres des activités Charges et Dynamique aux membres de l'activité Aérodynamique peut être considérée comme une information précise mais non stable : les informations préliminaires transmises sont des données exactes, modifiées lors des processus d'itération de la conception.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION DES RÉSULTATS

5.1. Échanges d'informations préliminaires

Nos résultats confirment en partie ceux de Terwiesch et al. (2002) concernant les échanges d'informations préliminaires. En effet, dans nos exemples d'échanges d'informations préliminaires, nous retrouvons bien les variables qui caractérisent ces informations préliminaires transmises par les membres de l'activité amont vers ceux de l'activité aval : stabilité et imprécision (à la fois dans le sens incomplètes et le sens multiples) (*Tableau 5.1*).

Tableau 5.1 : Cas d'échanges d'informations préliminaires

Informations préliminaires		Nombre de cas
Stables	Imprécises (incomplètes)	3
Stables	Imprécises (multiples)	2
Non stables	Précises	4

5.2. Échanges d'informations préliminaires selon les situations de travail

5.2.1. Échanges d'informations préliminaires en situation de travail séquentiel chevauché

Lors de situations de travail séquentiel chevauché, l'activité aval prend en relais le travail de l'activité amont, alors même que le travail de l'activité amont n'est pas achevé. Les membres de l'activité amont partagent des informations préliminaires aux membres de l'activité aval. Cette définition est conforme avec les travaux de Pennell et Winner (1989), pour qui l'ingénierie concourante est

vue comme le démarrage précoce de l'activité aval alors même que le travail de l'activité amont n'est pas achevé.

En situation de travail séquentiel chevauché, nos résultats montrent que les informations préliminaires transmises par les membres de l'activité aval peuvent être soit stables et imprécises (dans le sens incomplètes) soit non stables et précises (Tableau 5.2). Contrairement à Terwiesch et al. (2002), nous n'avons pas découvert de cas où les informations transmises auraient put être imprécises dans le sens multiples.

Tableau 5.2 : Cas d'échanges d'informations préliminaires en situation de travail séquentiel chevauché

Informations préliminaires		Nombre de cas
Stables	Imprécises (incomplètes)	1
Stables	Imprécises (multiples)	0
Non stables	Précises	2

5.2. Échanges d'informations préliminaires en situation de travail avec fourniture de service

Nous avons défini les situations de travail avec fourniture de service comme l'implication d'une activité fournisseuse de service dans le travail et les décisions de l'activité demandeuse de service, qui n'est pas encore achevée. Ces situations de travail sont donc à rapprocher du point de vue de Yassine (1999), pour qui l'ingénierie concourante est l'incorporation de l'activité aval dans la résolution de problèmes et la prise de décisions de l'activité amont.

En situation de travail avec fourniture de service, nos résultats montrent que les informations préliminaires transmises par les membres de l'activité aval

peuvent être soit stables et imprécises (dans le sens incomplètes) soit stables et imprécises (dans le sens multiples) (Tableau 5.3). Contrairement à Terwiesch et al. (2002), nous n'avons pas découvert de cas où les informations transmises auraient put être non stables.

Tableau 5.3 : Cas d'échanges d'informations préliminaires en situation de travail avec fourniture de service

Informations préliminaires		Nombre de cas
Stables	Imprécises (incomplètes)	2
Stables	Imprécises (multiples)	2
Non stables	Précises	0

5.3. Échanges d'informations préliminaires en situation de travail itératif chevauché

Nous avons défini les situations de travail itératif chevauché comme des situations où deux activités interdépendantes (amont et aval) font converger leurs résultats lors d'un processus itératif. Les trois exemples présentés (E, F et I) montrent des processus itératifs de la conception qui opèrent comme des boucles : les membres de l'activité amont partagent des informations préliminaires à l'activité aval. Après avoir effectué ses tâches, l'activité aval transmet alors ses résultats à l'activité amont pour que celle puisse modifier sa conception, et ainsi de suite. Ces situations de travail sont concordantes avec la définition de l'ingénierie concourante de Pennell et Winner (1989), car il y a bien un chevauchement des activités amont et aval lors du processus itératif de la conception, avec des échanges d'informations préliminaires.

En situation de travail itératif chevauché, nos résultats montrent que les informations préliminaires transmises par les membres de l'activité aval sont de nature précises mais non stables (Tableau 5.4). Contrairement à Terwiesch et al. (2002), nous n'avons pas découvert de cas où les informations transmises auraient put être stables.

Tableau 5.4 : Cas d'échanges d'informations préliminaires en situation de travail itératif chevauché

Informations préliminaires		Nombre de cas
Stables	Imprécises (incomplètes)	0
Stables	Imprécises (multiples)	0
Non stables	Précises	2

CHAPITRE 6 : CONCLUSION

6.1. Conclusion

L'objectif de cette recherche était d'étudier les échanges d'informations préliminaires au sein d'équipes multifonctionnelles. Nous avons choisi de nous appuyer sur une étude de cas ciblée afin d'en tirer des leçons.

6.1.1. Situations de travail

Suite à l'analyse des échanges d'informations préliminaires dans des équipes multifonctionnelles, puis le recoupement avec la littérature étudiée, nous avons mis en évidence deux nouveaux types de situation d'exécution d'activités en parallèle où sont partagées des informations préliminaires (*situations de travail avec fourniture de service* et *situations de travail itératif chevauché*), en plus de celui retenu par Terwiesch et al. (2002), que nous avons appelé *situations de travail séquentiel chevauché*. Nous les avons défini ainsi :

- Les situations de travail séquentiel chevauché sont des situations où l'activité aval prend en relais le travail de l'activité amont, alors même que le travail de l'activité amont n'est pas achevé.
- Les situations de travail avec fourniture de service sont des situations où une activité qui n'est pas achevée fait appel à une autre activité afin de lui rendre un service.
- Les situations de travail itératif chevauché sont des situations où deux activités interdépendantes (amont et aval) font converger leurs résultats lors d'un processus itératif.

6.1.2. Echanges d'informations préliminaires

Pour chacun de ces trois types de situations de travail, nous avons identifié que le type d'échanges d'informations préliminaires est différent (couple des variables stables et précises).

En situation de travail chevauché, les membres des équipes multifonctionnelles étudiées partagent des informations préliminaires soit stables et imprécises (dans le sens incomplètes) soit non stables et précises.

Ensuite, lorsque les membres d'une équipe multifonctionnelle sont en situation de travail avec fourniture de service, nous avons découvert qu'ils ne partageaient que des informations stables aux membres de l'activité aval, quelque soit le type d'imprécision (incomplètes ou multiples).

Enfin, dans le troisième type de situation de travail, les situations de travail itératif chevauché, nous avons trouvé que les membres de l'activité amont ne partageaient que des informations précises mais non stables aux membres de l'activité aval.

Nous avons donc découvert que selon le type de situation de travail, les membres de l'activité amont transmettent des informations préliminaires différentes aux membres de l'activité aval, c'est-à-dire que le degré de stabilité et de précision varie d'une situation de travail à l'autre.

6.2. Retombées

Dans un environnement extérieur de plus en plus difficile, du à la pression des consommateurs et à la multiplication de la concurrence à l'échelle

mondiale, les entreprises doivent continuer à développer de nouveaux produits plus vite tout en améliorant leur compétitivité. Dans ce contexte, le concept de l'ingénierie concourante nécessite d'être poussé encore plus loin, notamment en ce qui concerne les échanges d'informations préliminaires.

Nos résultats apportent aux entreprises et aux managers de nouvelles tendances en termes de gestion des échanges d'informations préliminaires, mises en place par une entreprise leader sur le marché dans sa gamme de produits. Il est à noter cependant, que la mise en place de telles stratégies ne peut aboutir sans une forte implication managériale, notamment en ce qui concerne l'implication des activités aval ou fournisseuses de service dans les décisions des activités amonts ou principales.

6.3. Limitations et futures recherches

Notre recherche repose sur une étude de cas qui se base sur l'analyse des échanges d'informations préliminaires à l'intérieur de seulement deux équipes multifonctionnelles évoluant dans un environnement similaire : même entreprise, même programme de développement et même phase de développement. Cela implique certaines limitations en termes de généralisation de nos résultats. En effet, le secteur aéronautique possède certaines spécificités comme notamment une grande complexité des produits développés, une structure organisationnelle importante (pour le programme *Alpha*, plus de 500 personnes étaient mobilisées pour la conception du produit) et des temps de développements longs, ce qui n'est pas forcément le cas pour toutes les entreprises et tous les secteurs d'activités.

Pour de futures recherches, il serait intéressant d'abord de prendre en compte des entreprises d'autres secteurs d'activités et d'étudier les échanges

d'informations préliminaires tout au long du développement des produits, ce qui permettrait de valider statistiquement nos résultats. Enfin, comme de nombreux échanges ont lieu entre les équipes multifonctionnelles, des recherches pourraient êtres entreprises pour étudier les échanges d'informations préliminaires inter équipes multifonctionnelles.

RÉFÉRENCES

ALLEN, T. (1977). *Managing the Flow of Technology*. Boston, MA : The MIT Press. 320p.

ADLER, P.S., MANDELBAUM, A., NGUYEN, V. et SCHWERER, E. (1995). « From Project to Process Management: An Empirically-based Framework for Analyzing Product Development Time ». *Management Science.* 42:3. 458-484.

ALSÈNE, E. et PICHAULT, F. (2007). « La coordination au sein des organisations : éléments de recadrage conceptuel ». Gérer & Comprendre. n°87: September 2007.

BERNSTEIN, J.I. (2000). *Multidisciplinary Design Problem Solving on Product Development Teams*. 259p. Doctoral Thesis in Technology, Management, and Policy Program, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

BHARDWAJ, M. et MONIN, J. (2006). « Tacit to explicit: an interplay shaping organization knowledge ». *Journal of Knowledge Management*. 10:3. 72-85.

BLAKER, F. (1995). « Knowledge, knowledge work and organizations: an overview and interpretation ». *Organization Studies*. 15:6. 1021-1046.

CARTIER, M. « Information et connaissance ». [En ligne]. Montréal, Canada : Université du Québec à Montréal, 2003-
http://www.michelcartier.com/McArticleB.php3?id_article=266 (Page consultée le 30 janvier 2007)

CHAPMAN, W.L., BAHILL, A.T. et WYMORE, A.W. (1992). *Engineering Modeling and Design*. Boca Raton, Fl. : CRC Press. 326p.

CHASSE, R. (1998). « The people factor ». *People Management*. 4:2. p38.

CLARK, K.B. et FUJIMOTO T. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Boston, MA : Harvard Business School Publishing. 350p.

« Communication ». Dans *Le Petit Robert* ©. Paris, France : Dictionnaires Le Robert, (1996).

« Communication ». Dans *Le Trésor de la Langue Française informatisé*. [En ligne]. Nancy, France : laboratoire Analyse et Traitement Informatique de la Langue Française (ATLIF), 2004-
http://atilf.atilf.fr/dendien/scripts/fastshowart.exe?18%7DCOMMUNICATION%2C+subst.+f%E9m.%7D504482%7D504483%7D504483%7D0%7D5
(Page consultée le 20 juin 2006)

GERWIN, D. et MOFFAT, L. (1997). « Withdrawal of Team Autonomy During Concurrent Engineering ». *Management Science*. 43:9. 1275-1287.

KAKABADSE, N.K., KAKABADSE, A. et KOUZMIN, A. (2003). « Reviewing the knowledge management literature: Toward taxonomy ». *Journal of Knowledge Management*. 7:4. 75-91.

KATZENBACK, J.R. et SMITH, D.K. (1993). *The Wisdom of Teams.* Boston, MA : Harvard Business School Press. P45.

KIM, W.C. et MAUBORGNE, R.A. (1997). « Fair process: managing in the knowledge economy ». *Harvard Business Review.* July-August. 65-75.

KLEIN, J.A. et SUSSMAN, G.I. (1995). « Lean Aircraft Initiative Organization & Human Resources (O&HR) Survey Feedback – Integrated Product Teams (IPTs) ». Boston, MA : LEAN Aircraft Initiative, Massachusetts Institute of Technology. 28p. Case study-LEAN #95-03.

KOSKINEN, K.U. (2003). « Evaluation of tacit knowledge utilization in work units ». *Journal of Knowledge Management.* 7:5. 67-81.

KRISHNAN, V., EPPINGER, S. et WHITNEY, D. (1995). « Accelerating Product Development by the Exchange of Preliminary Product Design Information ». *Journal of Mechanical Design.* 117:4. 491-498.

KRISHNAN, V., EPPINGER, S. et WHITNEY, D. (1997). « A Model-Based Framework to Overlap Product Development Activities ». *Management Science.* 43:4. 437-451.

KRISHNAN, V. et ULRICH, K. (2001). « Product development decisions: A review of the literature ». *Management Science.* 47:1. 1–21.

LAWSON, M. et KARANDIKAR, H. (1994). « A Survey of Concurrent Engineering ». *Concurrent Engineering: Research and Applications.* 2:1. 1-6

« Les 500 au québec ». Dans Les affaires. [En ligne]. Montréal, Canada, 2007- http://www.lesaffaires.com/listes/500quebec.fr.html (Page consultée le 30 janvier 2007)

LINTON, L., HALL, D., HUTCHISON, K., HOFFMAN, D. et EVANCZUK, S. (1991). « First principles of concurrent engineering ». CALS/Concurrent Engineering Working Group Technical Report. p10. Rep. 005.

LOEHR, L. (1991). « Between Silence and Voice: Communicating in Cross-Functional Project Teams ». *IEEE Transactions on Professional Communication.* 34:1. 51-56.

MATSUMOTO, I.T., STAPLETON. J., GLASS, J. et THORPE, T. (2005). « A knowledge-capture report for multidisciplinary design environments ». *Journal of Knowledge Management*. 9:3. 83-92.

McADAM, R. et REID, R. (2001). « SME and large organisation perceptions of knowledge management: comparisons and contrasts ». *Journal of Knowledge Management*. 5:3. 231-241.

McDERMOTT, R. et O'DELL, C. (2001). « Overcoming culture barriers to sharing knowledge ». *Journal of Knowledge Management.* 5:1. 76-85.

METAXIOTIS, K., ERGAZAKIS, K. et PSARRAS, J. (2005). « Exploring the world of knowledge management: agreements and disagreements in the academic/practitioner community ». *Journal of Knowledge Management*. 9:2. 6-18.

MICHAILOVA, S. et HUSTED, K. (2003). « Knowledge-sharing hostility in Russian firms ». *California Management Review*. 45:3. 59-77.

MOORADIAN, N. (2005). « Tacit knowledge: philosophic roots and role in KM ». *Journal of Knowledge Management*. 9:6. 104-13.

NONAKA, I. et TAKEUCHI, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation.* New York, NY : Oxford University Press. 304p.

PENNELL, J. et WINNER, R. (1989). « Concurrent Engineering: Practices and Prospects ». *Proceedings: IEEE Global Telecommunications Conference and Exhibition (GLOBCOM '89) Part I*. Piscataway, NJ : IEEE Service Center.

POLANYI, M. (1966). *The Tacit Dimension*. New York, NY : Anchor Books. 119p.

POMPONI, R.A. (1998). *Organizational Structures for Technology Transition: Rethinking Information Flow in the Integrated Product Team*. 263p. Doctoral Thesis in Technology and Public Policy Program, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

PUGH, S. (1996). *Creating Innovative Products Using Total Design*. Reading, MA : Addison-Wesley Publishing. 544p.

RIEGE, A. (2005). « Three-dozen knowledge-sharing barriers managers must consider ». *Journal of Knowledge Management*. 9:3. 18-35.

SMITH, P.G. et REINERTSEN, D.G. (1991). *Developing products in half the time*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold. 320p.

SNOWDEN, D. (1998). « A framework for creating a sustainable programme ». Knowledge Management: A Real Business Guide. Rock, S. Londres : Caspian Publishing. P84.

TAKEUCHI, H. et NONAKA. I. (1986). « The new, new product development game ». *Harvard Business. Review.* 64:1. 137–146.

TERWIESCH, C et LOCH, C.H. (1999). « Measuring the Effectiveness of Overlapping Development Activities ». *Management Science*. 45:4. 155-465.

TERWIESCH, C. LOCH, C.H. & DE MEYER, A. (2002). « Exchanging Preliminary Information in Concurrent Development Processes ». *Organization Science*. 13:4. 402-419.

TSOUKAS, H. (2002). « Do we really understand tacit knowledge? ». *Knowledge, Economy and Society Seminar, London, UK.* http://is2.lse.ac.uk/events/ESRCseminars/tsoukas.pdf (Page consultée le 6 octobre 2006)

TURINO, J. (1992). *Managing Concurrent Engineering: Buying Time to Market.* New York, NY: Van Nostrand Reinhold. 176p.

ULRICH, K.T. et EPPINGER S.D. (1995). *Product Design and Development.* New York, NY : McGraw-Hill. 464p.

VON KROGH, G. et ROOS, J. (1996). *Managing Knowledge: Perspectives on Cooperation and Competition*. London, UK: Sage. 248p.

WARD, V. (1998). « Mapping Meta Knowledge: A cartographic approach to finding knowledge about knowledge ». *Knowledge management Review*. 1:5. 10-15.

WHEELWRIGHT, S.C. et CLARK, K.B. (1992). *Revolutionizing Product Development*. New York, NY : The Free Press. 364p.

WILLIAMS, R. (2006). « Narratives of knowledge and intelligence... beyond the tacit and explicit ». *Journal of Knowledge Management*. 10:4. 81-99.

YASSINE, A. (1999). « A Conceptual Concurrent Engineering Model for Service Quality ». *International Journal of Information and Management Sciences*. 10:2. 37-52.

YIN, R.K. (1989). *Case Study Research: Design and Method*. Newbury-Park, NJ : SAGE. 166p.

ZACK, M.H. (1999). « Managing codified knowledge ». *Sloan Management Review*. 40:4. 45-58.