



HAL
open science

Maîtrise et intégration des coûts dans les projets de conception aéronautiques.

Sandrine Angeniol

► **To cite this version:**

Sandrine Angeniol. Maîtrise et intégration des coûts dans les projets de conception aéronautiques.. Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Centrale Paris, 2006. Français. NNT: . tel-00181757

HAL Id: tel-00181757

<https://theses.hal.science/tel-00181757>

Submitted on 24 Oct 2007

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

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

ECOLE CENTRALE PARIS

THESE DE DOCTORAT

Spécialité :

Génie Industriel

Présentée et soutenue par

Sandrine ANGENIOL

Le 18 décembre 2006 pour l'obtention du

GRADE DE DOCTEUR

**Maîtrise et intégration des coûts dans les projets de conception
aéronautiques**

Composition du jury :

AOUSSAT, Améziane	Professeur à l'ENSAM Paris	Rapporteur
SARDAS, Jean-Claude	Professeur à l'Ecole des Mines de Paris	Rapporteur
YANNOU, Bernard	Professeur à l'Ecole Centrale Paris	Directeur de thèse
GARDONI, Mickaël	Professeur à l'INSA de Strasbourg	Co-directeur de thèse
CHAMEROIS Roland	Ingénieur de recherche, EADS CCR	Examineur
DUREIGNE, Michel	Ingénieur de recherche, EADS CCR	Examineur
MICAELLI, Jean-Pierre	Maître de conférences à l'UTBM	Examineur

Référence : 2006-36

Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris
Grande Voie des Vignes
92925 Châtenay-Malabry Cedex

à ma famille

Remerciements

Je remercie Jean-Claude Sardas, Professeur à l'Ecole des Mines de Paris et Améziane Aoussat, Professeur à l'ENSAM Paris pour avoir accepté d'être rapporteurs de mes travaux ainsi que pour les nombreux commentaires qu'ils y ont apporté. Merci également à Jean-Pierre Mickaelli d'avoir accepté de participer au jury en tant qu'examineur et à Améziane Aoussat d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Merci à Bernard Yannou, mon directeur de thèse pour son encadrement pendant ces trois années. Tu as su m'apporter ton soutien aux moments décisifs et me pousser quand c'était nécessaire. J'ai beaucoup appris et progressé pendant ces trois années et c'est en grande partie grâce à toi.

Merci également à mon co-encadrant Mickaël Gardoni. C'est grâce à toi que j'ai tenté cette aventure et pour cela mille merci ! Merci aussi pour ton suivi, ton soutien et tes précieux conseils.

Merci aux équipes Design to Cost Airbus et Eurocopter. Vous avez été disponibles pour répondre à mes questions très nombreuses et parfois très éloignée de vos priorités opérationnelles. Malgré tout, vous m'avez systématiquement consacré du temps lorsque j'en avais besoin. Merci à Patrice Quenderff et à Mathieu Glade pour avoir suivi mes travaux et fait de cette thèse une découverte concrète de la conception aéronautique. Merci aussi à Elisabeth, Eric et Laurent pour avoir rendu ce temps passé à Airbus agréable.

Je remercie sincèrement toute l'équipe du Laboratoire Génie Industriel. Pas facile de se sentir intégrée dans un laboratoire où l'on est présent que quelques jours par mois. Pourtant je me suis toujours senti bien accueillie, le LGI était mon lieu de repli ! Une dédicace à Sylvie, Anne et Corinne dont le sourire rendait l'arrivée au labo si agréable.

Merci à toute l'équipe du CCR EADS de Suresne et de Toulouse, travailler à vos côtés pendant ces trois années fut un réel plaisir. Merci donc aux personnes investies dans le suivi de ma thèse, aux nombreux relecteurs (un grand merci à Joanna, Arnaud et Barth qui ont emmené mes chapitres de thèse partout avec eux : dans le train, à la plage et même en Chine) et à toutes les

personnes avec qui je partageais mon quotidien. Le bizutage de début de thèse m'avait annoncé la couleur et je n'ai pas été déçue. J'ai grâce à vous appris à me méfier à chaque fois que je m'asseyais à mon poste de travail, que je recevais un courrier de l'Ensica ou un mail d'Air France... J'espère que j'aurai la chance de retrouver une aussi bonne ambiance de travail. Je tiens à remercier tout particulièrement Roland Chamerois qui a assuré le suivi de mes travaux pendant ces trois années. Tu m'as soutenu et fait confiance dans toutes les situations. Quelle chance d'avoir un responsable industriel qui a non seulement suivi mes travaux assidûment, mais qui m'a aussi appris le bricolage, la recette de la tarte au citron et tant d'autres choses. J'espère que je t'ai fait progresser en archivage... Merci encore, ces trois années n'auraient pas été les mêmes sans toi.

Merci à mes amis : depuis Paris, Lyon, Grenoble où même Fort de France, vous étiez là à chaque moment important de ces trois années. Hélène, je te dois beaucoup et ce séjour martiniquais en fin de rédaction m'a apporté le petit coup de pouce qui me manquait pour finir la rédaction, promis la prochaine fois que je viens, il n'y aura pas de thèse dans mes bagages !!!

Enfin, merci à ma famille, vous avez cru en moi, et lorsque je doutais vous étiez là pour me rappeler que j'en étais capable. Mes escapades à vos côtés m'ont permis de me ressourcer et surtout de relativiser ! Votre présence le 18 m'a montré (ou le 19 pour Bruno) que vous étiez toujours au rendez-vous lorsque j'avais besoins de vous, quelle fierté de vous avoir à mes cotés ce jour-là !

Table des matières

Table des matières	iii
<i>Introduction Générale</i>	<i>1</i>
I. Contexte et analyse de l'existant	3
II. Contributions	4
III. Cadre et démarche de recherche	4
IV. Objectifs de la recherche	7
V. Guide de lecture	8
<i>Première partie – Contexte et problématique</i>	<i>11</i>
Chapitre 1 : La place des coûts dans l'aéronautique	13
Résumé	13
I. Quelques définitions relatives aux coûts	14
II. Vers une nécessaire intégration des coûts dans l'aéronautique	16
III. De l'intégration à la maîtrise des coûts en conception	17
Synthèse	25
Chapitre 2 : Un besoin d'amélioration de l'intégration et de la maîtrise des coûts chez Airbus et Eurocopter	27
Résumé	27
I. Airbus et Eurocopter : points communs et différences	28
II. Le Design to Cost chez Airbus et Eurocopter	36
III. Objectifs de notre démarche	42
Synthèse	45
Chapitre 3 : Construction et formulation de la problématique de recherche	47
Résumé	47
I. Besoins liés à notre recherche	48
II. Problématique de recherche	48
III. Orientation de l'étude	50
IV. Synthèse	52
<i>Deuxième partie – Analyse de l'existant</i>	<i>53</i>

Avant-propos	55
Chapitre 4 : Etude de la littérature sur la maîtrise des coûts en conception	57
Résumé	57
I. Introduction	58
II. Méthodes et outils pour la maîtrise des coûts en conception	59
III. Pratiques managériales associées à la maîtrise des coûts : brève revue de la littérature	77
Synthèse	78
Chapitre 5 : Evolution des pratiques de conception par l'intégration d'un nouveau paramètre	79
Résumé	79
I. Evolution des pratiques en conception : apprentissage organisationnel	80
II. Evolution des pratiques collectives par l'intégration de nouvelles méthodes en conception	81
III. Exemple de l'intégration de la dimension environnementale	82
IV. Conclusion	84
Synthèse	84
Chapitre 6 : Les pratiques DtC chez Airbus et Eurocopter	87
Résumé	87
I. Démarche d'analyse du terrain	88
II. Avant-propos : acteurs cités dans l'état des lieux	88
III. Illustration du processus DtC	89
IV. Gestion des cibles	91
V. Gestion des opportunités de réduction des coûts	98
VI. Suivi et pilotage	107
VII. Cartographie des dysfonctionnements liés au déploiement du Design to Cost	113
Synthèse	114
 Partie 3 – Propositions	 115
Chapitre 7 : Processus DtC basé sur l'amélioration de la gestion des connaissances	117
Résumé	117
I. Démarche proposée	118
II. Définitions préliminaires	118
III. Processus de gestion des connaissances pour une cellule spécialisée	120
IV. Analyse du processus DtC en terme de gestion des connaissances	123
V. Proposition d'un processus DtC	126
VI. Conclusion	131
Synthèse	132
Chapitre 8 : Liste d'inducteurs de coût et typologie de modifications	133
Résumé	133
I. Objet de l'expérimentation : la gestion des opportunités de réduction des coûts	134
II. Proposition d'une liste d'inducteurs de coût	136
III. Typologie de modifications	140
Synthèse	145
Chapitre 9 : Modèle permettant d'exploiter les opportunités passées	147
Résumé	147
I. Exploiter les opportunités passées pour faciliter la proposition de nouvelles opportunités de réduction de coûts	148
II. Etude des techniques existantes	152
III. OSIRIS : Modèle de formalisation des opportunités pour leur exploitation	157
IV. Description détaillée des modèles	160
Synthèse	163
Chapitre 10 : Mise en œuvre	165
Résumé	165
I. Introduction	166

II.	Création de connaissances selon le modèle OSIRIS	166
III.	Prototypage d'un système pour exploiter les opportunités passées	174
	Synthèse	183
Chapitre 11 : Evaluation des propositions		185
	Résumé	185
I.	Démarche de validation	186
II.	Validation de la typologie de modifications et de la liste d'inducteurs de coût	188
III.	Evaluation du système basé sur OSIRIS	191
IV.	Processus DtC proposé	195
	Synthèse	196
Conclusion générale.....		197
I.	Résultats scientifiques : synthèses, apports, limites et perspectives	199
II.	Résultats industriels : synthèses, apports, limites et perspectives	201
Annexes.....		209
	Glossaire	211
	Exemple de fiche descriptive des méthodes et outils utilisés chez Airbus et Eurocopter	213
	Captures d'écran du deuxième prototype d'OSIRIS	217
	Publications personnelles	223
	Table des figures	225
	Liste des tableaux	227
	Bibliographie	229

Introduction Générale

I. Contexte et analyse de l'existant

L'augmentation de la compétitivité du marché de l'aéronautique et le passage d'une logique de performance à une logique de valeur, implique d'**améliorer l'intégration des coûts dans les entreprises** aéronautiques. Cela revient à élever le degré d'importance du coût dans la stratégie de l'entreprise, la conception et les connaissances/compétences. Au niveau de la conception, cette amélioration peut passer par la mise en place de **méthodes de maîtrise des coûts en conception**. Ces méthodes consistent à considérer le coût comme une spécification, à travers la fixation de cibles de coûts à atteindre (pour le système entier et rapidement pour ses grandes parties constituantes).

Nous avons mené notre étude au sein de deux entreprises aéronautiques du groupe EADS : Airbus et Eurocopter. L'objectif de ces deux entreprises est d'améliorer l'intégration des coûts dans l'entreprise et d'améliorer la maîtrise des coûts en conception. Pour atteindre ce double objectif, elles ont chacune créé une équipe Design to Cost¹ (DtC) en 2001. L'objectif de ces équipes est double et se concentre sur la conception : améliorer l'intégration et la maîtrise des coûts en conception.

Nos recherches se placent dans le cadre de ce double objectif, nous proposons des solutions permettant d'améliorer simultanément la maîtrise et l'intégration du coût en conception. L'analyse de la littérature sur l'évolution des pratiques en conception par l'intégration d'un nouveau paramètre nous permet d'identifier les facteurs par lesquels nous souhaitons intégrer les coûts : la maîtrise des coûts, la valorisation de l'expertise des acteurs de l'équipe DtC auprès des acteurs projet et la progression à travers l'application du DtC sur les projets de conception.

L'analyse de la littérature sur la maîtrise des coûts nous permet de distinguer trois grandes activités relatives à la maîtrise des coûts en conception (voir Figure 1) :

- * la gestion des cibles de coût qui consiste à définir en amont de la conception à quels coûts chaque partie de l'appareil doit être fabriquée,
- * la gestion des opportunités de réduction des coûts, qui consiste à proposer des idées de modification de la conception, de la fabrication ou de tout autre paramètre impactant potentiellement le coût et permettant de résorber l'écart entre le coût estimé et la cible,
- * le suivi et pilotage : suivi rapproché de l'avancement du projet, pour piloter l'atteinte des cibles.

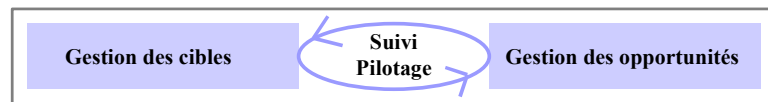


Figure 1 - Activités liées aux méthodes de maîtrise des coûts

¹ Conception à Coût Objectif en français. Nous lui préférons l'expression en langue anglaise qui est celle la plus souvent utilisée chez EADS.

C'est donc selon ces trois types d'activités que nous classons les dysfonctionnements associés au déploiement de la maîtrise des coûts chez Airbus et Eurocopter. Nous distinguons trois classes de dysfonctionnements. La première classe est liée au métier DtC : elle regroupe tous les dysfonctionnements liés à un besoin de méthodes/outils pour les équipes DtC. La deuxième classe regroupe les dysfonctionnements liés au contexte du projet qui rend difficile le déploiement de méthodes de maîtrise des coûts. Enfin la troisième classe regroupe les dysfonctionnements liés aux résistances observées chez les parties prenantes du processus DtC.

II. Contributions

Les recherches présentées dans ce mémoire ont conduit à des contributions portant sur deux domaines : le processus DtC et la gestion des opportunités de réduction des coûts.

Nous proposons un **nouveau processus DtC**. Cette proposition s'appuie sur une analyse des difficultés liées au déploiement du DtC sur les projets. Le principal apport de cette proposition réside dans l'intégration de la gestion des connaissances pour améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception.

La deuxième classe de propositions consiste à outiller le **processus de gestion des opportunités de réduction des coûts**. Nous proposons trois solutions :

- * une **typologie de modifications** : il s'agit d'une liste permettant de classer chacune des opportunités en fonction des actions de modification qu'elle représente ;
- * une **liste d'inducteurs de coût** : il s'agit d'une liste des paramètres dont la modification peut avoir un impact sur les coûts. Cette liste n'est pas exhaustive mais contient les principaux inducteurs de coût identifiés lors des opérations DtC ;
- * un **modèle dénommé OSIRIS** visant à exploiter les opportunités de réduction des coûts créées dans le passé pour faciliter l'émergence de nouvelles opportunités.

Le modèle OSIRIS a été mis en œuvre dans l'outil DtC Airbus qui permet de formaliser les opportunités de réduction de coûts. Nous avons ensuite développé un prototype basé sur le modèle OSIRIS à l'aide d'une plate-forme web sémantique appelée KINOA. Nous validons nos propositions à travers les manipulations du prototype par les acteurs de l'équipe DtC Airbus et à travers des interviews également menées auprès des acteurs des équipes DtC.

III. Cadre et démarche de recherche

Ces travaux ont commencé en janvier 2004, ils ont été menés au sein d'EADS. Ce groupe est né en juillet 2000, de la fusion du groupe français aérospatiale Matra, de l'allemand DASA (Daimler Chrysler Aerospace) et de l'espagnol CASA (Construcciones Aeronauticas). Il est leader de l'industrie aérospatiale civile (80% de son activité) depuis 2003 et de l'industrie militaire européenne (20% de son activité). L'activité d'EADS est divisée en cinq segments : Airbus dans l'aviation civile, les avions

de transport militaire, les hélicoptères avec Eurocopter, les systèmes de défense et de sécurité, et l'espace. Nous nous intéressons dans notre étude au cas particulier de deux entreprises : Airbus (Toulouse) et Eurocopter (Marignane).

Cette étude a été menée au sein du Centre Commun de Recherche (CCR) EADS. Le CCR EADS a pour but de réaliser des études réclamées par les entreprises du groupe. Nous sommes intervenus sur une étude réclamée par Airbus et Eurocopter, dans le cadre d'un projet commun de recherche.

Ces travaux ont également été réalisés en collaboration avec le laboratoire de Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris, avec le laboratoire GILCO de l'INP Grenoble et avec le laboratoire de Sciences Humaines et Sociales de l'ENSICA (Toulouse).

III.1 Méthodologie de recherche

La méthodologie de recherche adoptée est celle de la recherche intervention. « *Cette méthode de recherche part du principe que pour mieux appréhender le fonctionnement d'une organisation, le chercheur doit participer, intervenir dans son fonctionnement et accompagner les mutations engendrées pour suivre la dynamique des changements organisationnels* » [RIGOT-MULLER P., 2004]. Nous avons pour cela intégré les équipes DtC chez Airbus et Eurocopter. Nous avons participé au déploiement du DtC sur les projets menés durant les trois années de thèse. Nous ne pouvions cependant pas occulter les projets menés avant notre arrivée, nous les avons donc intégrés à notre étude par le biais d'interviews réalisées auprès des acteurs DtC qui avaient participé à ces opérations. Pour ne pas nous restreindre à la vision des équipes DtC, nous avons intégré un plateau projet de l'A380 durant 6 mois et participé au processus de définition d'un système devant être mis en place dans une future version de l'appareil.

III.2 Phasage de la recherche

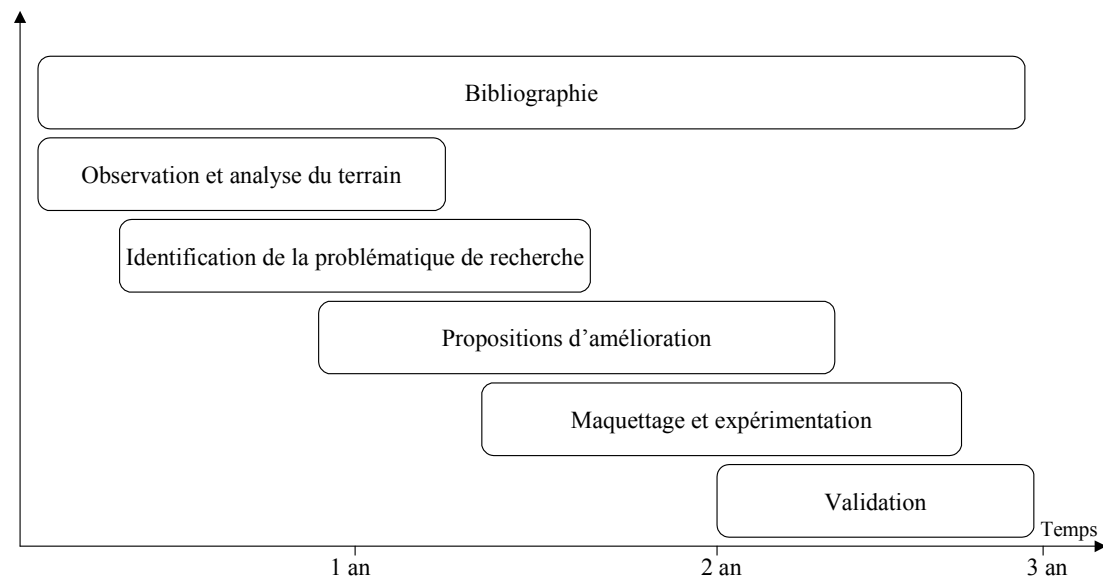


Figure 2 - Phasage de notre recherche

La Figure 2 décrit le phasage de nos activités durant les trois années de thèse.

La première étape de notre recherche a consisté à réaliser une observation du terrain chez Airbus et Eurocopter. Nous pouvons diviser cette étape en 5 activités majeures :

- * participation à des **projets de conception** « sans Design to Cost » pour comprendre les contraintes des acteurs projet ainsi que les principales activités d'un projet de conception (un projet chez Airbus et un projet chez Eurocopter),
- * participation à des **opérations DtC** pour comprendre les méthodes de travail et les difficultés des équipes DtC (participation à deux opérations DtC chez Airbus et deux chez Eurocopter),
- * interviews des **acteurs DtC** pour retranscrire l'histoire des opérations menées depuis la création des équipes DtC (composées de 9 acteurs DtC chez Eurocopter et de 8 acteurs DtC chez Airbus),
- * interviews d'une quinzaine d'**acteurs projet** pour comprendre leur perception du DtC et les freins à son application,
- * audit des **méthodes et outils** créés par les équipes DtC depuis leur création. Pour chaque méthode ou outil une fiche synthétique d'une à deux pages a été réalisée ; en tout, 12 types de méthodes et outils ont été décrits au travers de telles fiches (un exemple de fiche descriptive des outils DtC utilisés chez Airbus et Eurocopter est donné en annexe).

Cette observation du terrain nous a permis dans un second temps de lister les difficultés liées au déploiement du DtC et de prioriser ces difficultés en collaboration avec les acteurs du comité de pilotage de la thèse.

Une troisième étape a consisté à proposer des améliorations du déploiement du DtC dans les entreprises afin de répondre aux problématiques identifiées comme prioritaires. Nous verrons dans la suite du document que les propositions sont de deux natures : proposition d'un nouveau processus Design to Cost et outillage du processus pour la gestion des opportunités de réduction des coûts. Nos propositions ont été disséminées dans les entreprises et mises en place dans certains cas. Un outil relatif aux opportunités de réduction des coûts a été prototypé.

Enfin, en collaboration avec les équipes DtC nous avons réalisé une évaluation des propositions précédemment définies. L'évaluation de nos propositions a été réalisée au sein de l'équipe DtC Airbus soit par l'intermédiaire d'interviews, soit par des tests réalisés à partir de la maquette développée.

Les conclusions de ce travail de recherche seront présentées lors de deux journées de communication chez Airbus et Eurocopter.

IV. Objectifs de la recherche

L'objectif global de ce travail de recherche est de proposer une démarche participant à la maîtrise et à l'intégration des coûts en conception aéronautique. Ce mémoire cherche à répondre à cet objectif au travers de sept sous-objectifs :

- (O1)** – Préciser le cadre et le périmètre de la recherche,
- (O2)** – Traduire les besoins académiques et industriels sous forme d'une problématique de recherche,
- (O3)** – Etudier la littérature sur les méthodes et outils permettant d'améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception,
- (O4)** – Faire un audit des pratiques Design to Cost chez Airbus et Eurocopter pour définir une cartographie des dysfonctionnements associés à son déploiement,
- (O5)** – Proposer un nouveau processus DtC permettant d'améliorer simultanément la maîtrise et l'intégration du coût en conception et en essayant de mutualiser au mieux ce qui peut l'être dans les deux entreprises qui nous intéressent : Airbus et Eurocopter,
- (O6)** – Outiller et expérimenter le nouveau processus sur la phase de gestion des opportunités de réduction des coûts,
- (O7)** – Evaluer les apports et les limites de nos propositions.

V. Guide de lecture

V.1 Plan de lecture

Ce mémoire de thèse se décompose en 3 parties contenant plusieurs chapitres. Le plan retenu est illustré par la Figure 3 :

1. La première partie constituée des chapitres 1, 2 et 3 définit le contexte et la problématique de recherche.
2. La deuxième partie constituée des chapitres 4, 5 et 6 consiste à analyser l'existant. L'analyse de la littérature est réalisée dans les chapitres 4 (sur la maîtrise des coûts en conception) et 5 (sur l'intégration d'un nouveau paramètre en conception). Nous réalisons dans le chapitre 6 une analyse des pratiques DtC chez Airbus et Eurocopter.
3. La troisième partie regroupe la description, la mise en œuvre et l'évaluation de nos propositions.

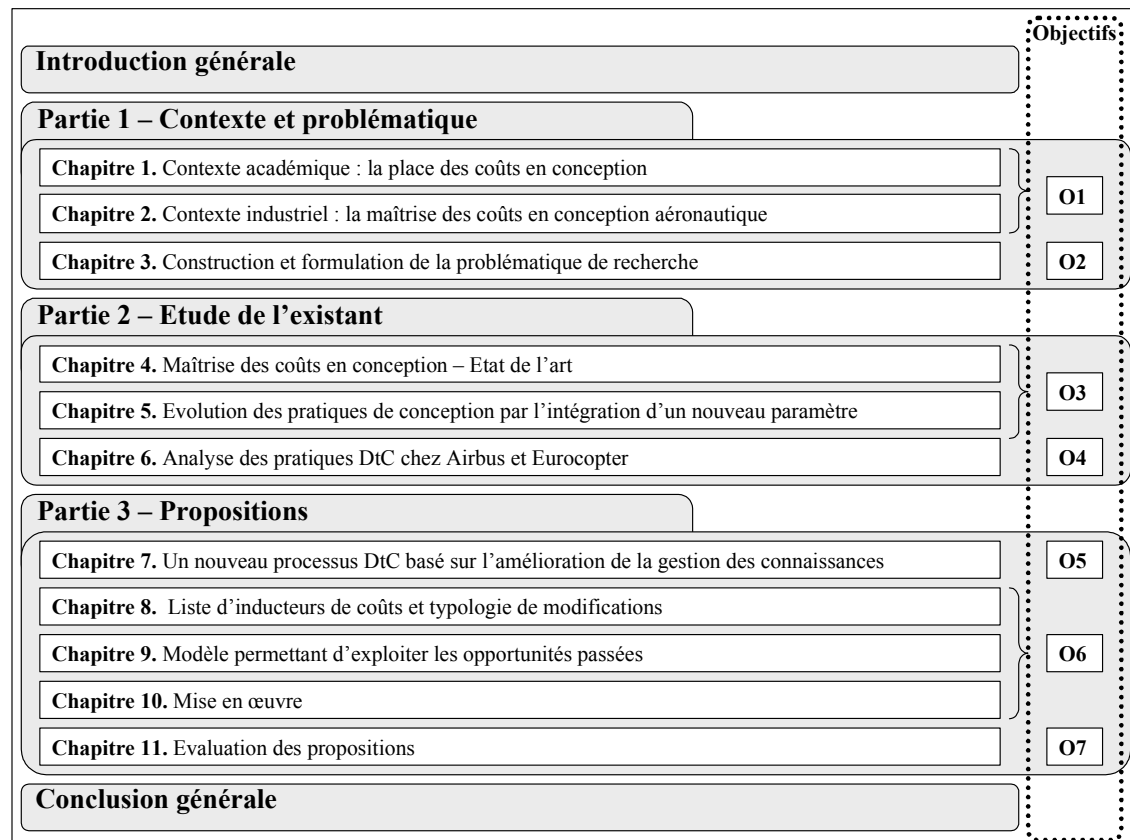


Figure 3 - Plan de la thèse

V.2 Repères typographiques

Les citations sont en italique.

Les points importants sont en gras italique pour les mettre en valeur.

Les résumés de début de chapitre et les synthèses de fin de chapitre sont précédés et suivis d'une ligne horizontale.

Première partie – Contexte et problématique

Chapitre 1 : La place des coûts dans l'aéronautique

Résumé

Nous nous intéressons dans notre étude au paramètre coût dans le secteur aéronautique. L'objectif de ce chapitre est double :

- clarifier la définition des termes évoqués dans la littérature liée aux coûts,
 - expliquer les enjeux de notre recherche par des éléments d'évolution du marché et de la conception dans le secteur aéronautique.
-

I. Quelques définitions relatives aux coûts

Nous présentons dans ce chapitre le contexte de notre étude et nous expliquons comment les évolutions des enjeux du secteur aéronautique ainsi que l'émergence de nouvelles méthodes en conception ont entraîné un besoin d'intégration et de maîtrise des coûts dans le secteur aéronautique.

Nous donnons dans un premier temps quelques définitions courantes relatives aux coûts.

I.1 *Classifications des coûts*

Différentes classifications des coûts existent dans la littérature. Nous présentons ici deux d'entre elles :

- * Coûts récurrents et non récurrents,
- * Coûts directs et indirects.

On distingue les *coûts récurrents* des *coûts non récurrents*. Les coûts récurrents sont définis par le Département de la Défense américain comme des coûts de développement répétitifs qui varient avec la quantité de systèmes fabriqués pour l'ensemble du cycle de vie ([DEPARTMENT OF DEFENSE *et al.*, 2002], p 85). Les coûts non récurrents sont définis comme des coûts de développement ou d'investissement qui ne sont éprouvés en général qu'une fois lors du cycle de vie du système. Les coûts récurrents pour une entreprise aéronautique sont par exemple les coûts de fabrication, et les coûts non récurrents sont les coûts de certification d'un appareil.

La classification entre *coûts directs* et *coûts indirects* est une classification par destination. Un coût est considéré direct par rapport à un produit lorsqu'il est causé, sans ambiguïté, par l'existence même de ce produit. Les coûts indirects correspondent par contre aux dépenses nécessaires à la production, sans pour autant qu'ils puissent être affectés directement à un produit spécifique [FARINEAU T., 2001], l'investissement dans le système de production d'une entreprise dépendant des projets en cours et à venir et d'une stratégie d'évolution propre. Les coûts directs sont par exemple les coûts matière pour un produit, et des coûts indirects peuvent être les coûts administratifs.

I.2 *Coût sur le cycle de vie et coût global*

Le cycle de vie d'un matériel aéronautique étant très souvent supérieur ou égal à 30 ans, les coûts d'utilisation, de soutien ou d'exploitation sont généralement, sur cette période, du même ordre de grandeur que le coût d'acquisition et peuvent être largement supérieurs dans le cas des applications civiles.

Les industriels ont donc une double contrainte :

- * concevoir à coût de production objectif cohérent avec le prix du marché,

- * concevoir à coûts d'utilisation, de soutien ou d'exploitation objectifs.

Aujourd'hui, à la notion de produit se substitue la notion de services attendus [GLADE M., 2005]. Ainsi, le prix d'acquisition fait place à la notion de coût de possession qui intègre en plus les coûts d'exploitation et de maintenance. A titre d'exemple, lors de la conception de l'Airbus A380, les compagnies aériennes ont attendu pour s'engager dans le lancement du programme, d'avoir la démonstration par l'avionneur que son produit aurait un coût d'exploitation par siège inférieur de 15% par rapport à son concurrent direct [GIFAS, 2003].

Pour répondre aux exigences de connaissance des coûts du système tout au long de son existence, la notion de prix d'achat a été remplacée par celle de coût sur le cycle de vie (ou Life Cycle Cost) au niveau des indicateurs à optimiser tout au long du projet de développement.

Le coût sur le cycle de vie d'un système est la somme des dépenses engagées entre le début de la conception et la fin de vie du système [WHITE G. E. *et al.*, 1976] [AFNOR, 1997].

A titre d'exemple, Glade [GLADE M., 2005] décompose le coût sur le cycle de vie d'un avion en quatre parties :

- * La recherche et développement, les tests et évaluations,
- * la production,
- * le soutien logistique initial, (stocks de rechanges, équipements spéciaux, ...),
- * le support opérationnel (coûts de maintenance direct, formation, ...).

La notion de coût global est introduite par la norme française NF X50-150. Ce coût est défini comme « *la somme des dépenses sur l'ensemble de la vie d'un produit pour un usage donné* » [NF EN 1325-1, 1996]. Selon le point de vue considéré, les phases du cycle de vie prises en compte diffèrent [SHIELDS M. *et al.*, 1991] :

- * du point de vue du marketing : introduction sur le marché, croissance, maturité et déclin,
- * du point de vue de la production : conception, développement produit/process, production et support logistique,
- * du point de vue de l'utilisateur : achat, utilisation, maintenance et mise en rebut.

Ainsi Assiedu et Gu distinguent le coût sur le cycle de vie du coût global sur le cycle de vie. Le coût sur le cycle de vie se concentre sur le point de vue de l'entreprise, alors que le coût global sur le cycle de vie prend en compte non seulement le point de vue de l'entreprise, mais aussi celui de l'utilisateur et de la société civile [ASSIEDU Y. *et al.*, 1998] (voir Tableau 1).

Phases	Coûts pour l'entreprise	Coûts pour l'utilisateur	Coûts pour la société
Conception	* Etude du marché * Développement		
Production	* Matériaux * Energie * Equipements * Charges, salaires		* Pertes * Pollution * Dommages sur la santé
Utilisation	* Transport * Stockage * Perte * Garantie	* Transport * Stockage * Energie * Matériaux * Maintenance	* Conditionnement * Pertes * Pollution * Dommages sur la santé
Mise en rebut / recyclage	* Le coût de recyclage/destruction est de plus en plus pris en charge par le producteur. C'est le cas actuellement des voitures et très récemment des produits bruns (électronique) et des produits blancs (électro-ménager)	* Destruction	* Pertes * Pollution * Dommages sur la santé

Tableau 1 - Coût global sur le cycle de vie [ASSIEDU Y. *et al.*, 1998]

II. Vers une nécessaire intégration des coûts dans l'aéronautique

La notion de valeur² évolue [BEN AHMED W. *et al.*, 2003; YANNOU B. *et al.*, 2004] et la recherche de compétitivité se traduit de plus en plus par l'émergence de nouveaux critères qui doivent être privilégiés par les entreprises. La prise en compte de ces nouvelles caractéristiques imposera l'implication de nouveaux métiers lors du développement et de la production de nouveaux appareils. Par exemple, dans l'aéronautique, les préoccupations environnementales, aujourd'hui incontournables, feront intervenir des experts en émissions toxiques ou encore en pollution sonore qui collaboreront avec les équipes "classiques" de conception et de fabrication [LABORIE F., 2006].

Dès la fin des années 60, il a été mis en évidence que dans le domaine aéronautique, si les coûts continuaient à augmenter régulièrement, au milieu du 21ème siècle, le budget du Département de la Défense américain permettrait de financer le développement d'un seul avion. En effet, les projets de développement d'avion avaient un budget illimité et étaient principalement financés par l'état, c'était l'escalade technologique sans prise en compte des coûts. Ainsi, le paradigme du « Better, Faster, Cheaper » est venu remplacer celui du « Higher, Faster, Further » en 1990 [MURMAN E. M. *et al.*, 2000]. Dans le secteur aéronautique, les clients tant civils que militaires s'orientent soit vers des contrats forfaitaires de type MCO (Maintien en Conditions Opérationnelles), soit vers des demandes

² La notion de valeur peut être définie comme la satisfaction que les parties prenantes auront pour une solution donnée en regard à leurs besoins initiaux et aux ressources utilisées [YANNOU B., 2004].

de garantie pour la tenue des performances vendues (consommation, bruit, disponibilité, ...) [GIFAS, 2003]. Cette nouvelle exigence contraint les industriels à concevoir des produits aussi performants sur le plan technique que sur le plan économique, et ceci tout en garantissant la pérennité de leur entreprise.

Avec un marché qui doit faire face à une baisse des investissements et à une compétitivité croissante, de nombreuses actions sont lancées pour assurer la rentabilité des entreprises aéronautiques. La maîtrise des coûts en conception est devenue indispensable. Ainsi, on est passé d'une logique de performances à une logique de valeur. Les objectifs de l'entreprise, les activités propres à la construction d'un appareil, la formation initiale des ingénieurs sont autant de facteurs qui contribuent à créer un environnement basé essentiellement sur des critères techniques. La sécurité, la performance, la masse et le délai sont les critères de construction d'un appareil perçus comme les plus importants par les ingénieurs aéronautiques. Ces données font partie intégrante de la culture de métier des ingénieurs et de la culture de l'entreprise [DAUGEY A. *et al.*, 2005]. Au contraire, le coût ne fait pas partie des critères prioritaires des acteurs du projet. Gautier [GAUTIER F., 2002] souligne que dans l'industrie des hélicoptères, les concepteurs optimisent plutôt la masse que les coûts pour les appareils civils, reproduisant ainsi les principes de conception utilisés pour les appareils militaires. « *Ainsi dans l'industrie des hélicoptères, les caractéristiques techniques demeurent importantes et les stratégies des constructeurs relèvent plutôt de la différenciation. Pour autant, l'aspect prix préoccupe les industriels dans la mesure où les prix élevés des appareils rendent difficiles l'élargissement du marché* ».

Les facteurs décrits précédemment rendent indispensable l'amélioration de l'intégration des coûts dans le secteur aéronautique. L'amélioration de l'intégration des coûts en entreprise, consiste à élever le degré d'importance du coût dans la stratégie de l'entreprise, la conception et les connaissances / compétences (voir chapitre 5). Un des moyens d'élever le degré d'importance du coût en conception consiste à mettre en place des méthodes de maîtrise des coûts en conception. Nous parlerons de méthodes de maîtrise des coûts dans la suite du rapport pour citer les méthodes visant à intégrer un objectif de coût dès le début du projet de conception.

III. De l'intégration à la maîtrise des coûts en conception

III.1 Du "Design for X" au "Design for Cost"

Dans certains secteurs industriels (automobile, aéronautique...), les activités de conception et de développement de produits nouveaux ont connu des évolutions stratégiques et organisationnelles majeures au cours des dernières années [GAUTIER F. *et al.*, 2000]. Laborie [LABORIE F., 2006] distingue deux tendances caractéristiques : la complexité des produits est en croissance exponentielle et les délais de conception et de fabrication sont continuellement réduits afin de rester compétitif et innovant [RIVIERE A., 2004].

Les entreprises ont généralement répondu à l'objectif de réduction des délais par une modification des structures et de l'organisation des projets de développement : les activités de conception et de développement de produits nouveaux, sont réalisées au sein de structures regroupant les acteurs projets (souvent appelés plateaux projets). Depuis le début des années 90, de nombreux chercheurs ont travaillé sur l'amélioration des performances des processus de développement de nouveaux produits à travers la gestion de projet [BEN MAHMOUD-JOUNI S., 2004]. L'AFITEP-AFNOR définit un projet comme « *une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et spécifiquement une réalité à venir* » [AFITEP-AFNOR, 1992]. La dynamique des projets présente des spécificités soulignées par Midler [MIDLER C., 1993] (voir Figure 4). Au début, les degrés de liberté sont nombreux. Au fur et à mesure de l'avancement, du fait de la non-réversibilité des décisions, la capacité d'action se réduit. A l'inverse, la connaissance sur la réalité à venir est faible au début. Elle s'accroît au fur et à mesure de l'avancement du projet.

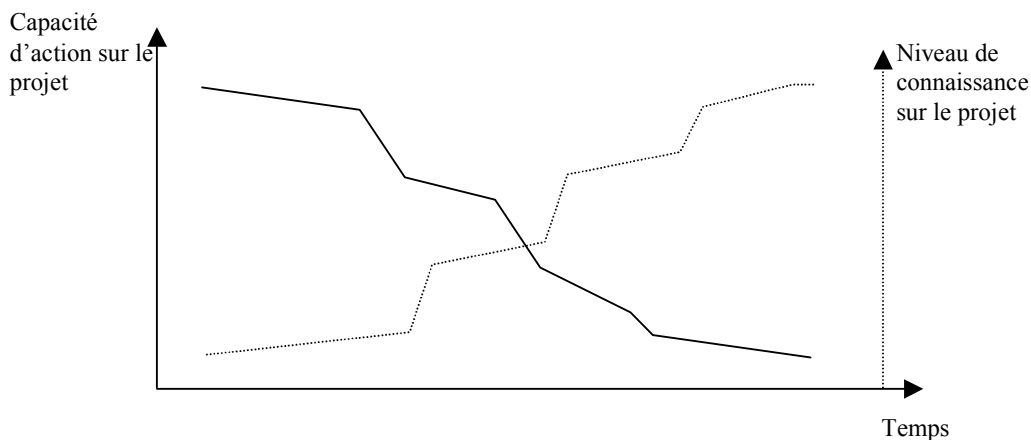


Figure 4 - La dynamique de l'activité projet [MIDLER C., 1993]

Avec l'émergence de l'organisation par projet est apparue la notion d'ingénierie concurrente [GAUTIER F., 1998]. Cette approche prend en considération, dès le démarrage du projet, le cycle de vie du produit, depuis sa conception jusqu'à son retrait en incluant la qualité, les coûts, la planification et les besoins des utilisateurs. Cela revient à se demander très tôt dans la conception comment le produit sera fabriqué, utilisé, maintenu ou encore recyclé.

Afin d'accompagner les concepteurs dans la prise en compte en amont des paramètres intervenant dans les phases avales de la conception, de nombreuses méthodes ont été proposées, elles sont regroupées sous le terme de méthodes « Design for X ».

Il existe deux interprétations du terme « Design for X » :

- * Design for X où le « X » peut être remplacé par des variables telles que « manufacturability », « assembly », « reliability », « cost », « environment », etc. [HERMANN J. W. *et al.*, 2004]. Il s'agit d'insister sur la prise en compte d'un paramètre spécifique en amont du projet de conception.

- * Design for eXcellence: suggère l'utilisation de toutes les méthodes « Design for » pour atteindre l'excellence. Selon Cowan [COWAN F. S. *et al.*, 2000], il s'agit d'intégrer dans la conception un ensemble de points de vue uniques qui caractérisent les différents aspects du cycle de vie du produit.

Vliet [VLIET J. W. v. *et al.*, 2000] souligne que dans un contexte « Design For X », il est important de distinguer les « performances système » et les « aspects du cycle de vie ». Les *aspects du cycle de vie* sont relatifs à une phase spécifique du cycle de vie (exemple : l'aspect « facilité d'assemblage » relatif à la phase de fabrication). Les *performances systèmes* sont impactées par le travail de tous les métiers de la conception, en amont comme en aval. Nous nous intéressons dans notre étude aux performances systèmes et plus particulièrement aux coûts.

Comme l'explique Bellut [BELLUT S., 1990], « l'objectif de coût de production est à intégrer dès le début du développement. C'est un élément de conception ». La prise en compte du coût en amont de la conception est indispensable car alors qu'à peine 10 à 15% des dépenses du projet sont réalisées lors de la phase de conception, près de 80% de ces coûts futurs seraient toutefois engagés [MICHAELS J. V. *et al.*, 1989] (voir Figure 5). Le fait de prendre en compte le coût dès les phases amont de la conception est appelé « **Design for Cost** ».

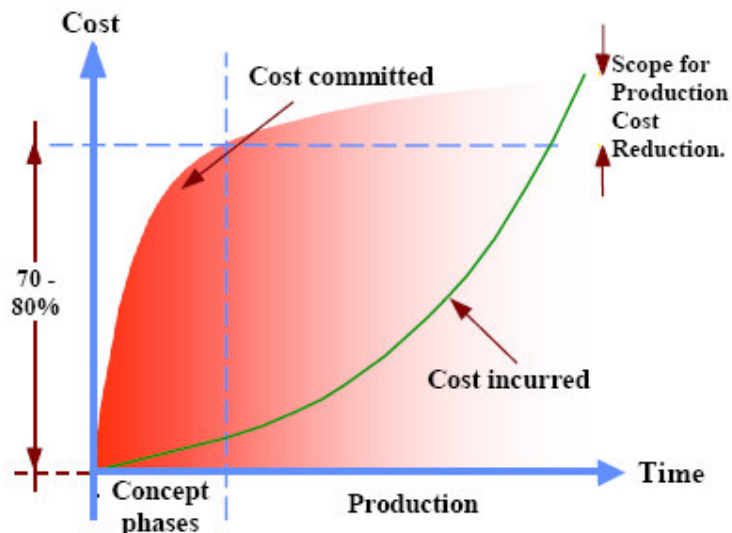


Figure 5 – Courbe de dépenses avérées et engagées des coûts [RUSH C. *et al.*, 2000]

III.2 Les méthodes de maîtrise des coûts en conception

Nous avons introduit précédemment la notion de Design for Cost. Nous nous intéressons ici aux méthodes qui prennent en compte les coûts en amont de la conception par la fixation de cibles de coûts. Nous les appelons **les méthodes de maîtrise des coûts**.

La gestion des coûts prend de plus en plus d'importance dans le développement de nouveaux produits dans la mesure où il est source d'avantage compétitif [DAVILA A. *et al.*, 2004]. Nous caractérisons dans ce paragraphe les principales méthodes de maîtrise des coûts.

III.2.1 Maîtrise des coûts en conception : historique de l'émergence des méthodes et définitions

Nous étudions dans ce paragraphe l'historique d'émergence des méthodes de maîtrise des coûts dans trois pays : les Etats-Unis, le Japon et la France. Les définitions proposées pour ces méthodes sont nombreuses. En effet, la plupart des méthodes sont issues de l'observation des pratiques industrielles. Chaque entreprise définit sa propre méthode en fonction des contraintes auxquelles elle doit faire face en conception, c'est la raison pour laquelle nous trouvons des appellations différentes pour des méthodes similaires par de nombreux aspects. Nous présentons dans ce paragraphe celles qui nous paraissent les plus pertinentes.

a) *Le cas des Etats-Unis*

Au début des années 60, afin de freiner la croissance trop rapide des coûts des systèmes de l'industrie de l'armement, le Département américain de la Défense (DoD) propose à ses fournisseurs industriels de pratiquer le « **cost effectiveness** » (réduction des coûts). Pour les inciter à appliquer cette méthode, le DoD garantit une augmentation de la marge bénéficiaire d'autant plus grande que les gains réalisés seront importants. La méthode ne permet pas une réduction suffisante des coûts.

En 1964, le DoD américain impose alors la méthode « **Value Engineering** » à ses fournisseurs industriels. Apparue en 1947 chez General Electric, cette méthode vise à maximiser les fonctions proposées par un produit, tout en diminuant le coût de ce même produit.

Les dépassements budgétaires continuant, le DoD américain adopte en 1971 le « **Design to Cost** » (DtC) et rend son application obligatoire pour tous les contrats d'un montant supérieur à 10 millions de dollars [FABRYCKY W. *et al.*, 1991]. L'objectif principal du DtC est de ne plus découvrir le coût comme une mauvaise surprise en fin de projet [BELLUT S., 2002]. Il consiste à élever l'objectif de coût au même niveau que les performances à atteindre et les contraintes de délais à respecter. Des cibles réalistes sont établies, elles doivent être atteintes, mais pas au dépend des fonctions de base ou de la qualité [MICHAELS J. V. *et al.*, 1989]. Cela permet de s'assurer que la conception est le résultat du meilleur compromis entre le coût, la performance et les délais [NASA, 2004]. A partir des années 70, quand on veut insister sur l'importance du coût, on utilise donc la terminologie de Design to Cost.

Suite à la hausse des coûts d'utilisation et de maintenance, le DOD s'oriente à partir de 1976 vers le « **Design to life Cycle Cost** » (DtLCC) [DHILLON B. S., 1989]. De plus en plus, le Design to Cost prend en compte l'ensemble des coûts sur le cycle de vie, on parle alors de Conception pour un Coût Global (de type LCC (Life Cycle Cost) sur le plan militaire et DOC (Direct Operating Cost) sur le plan civil), particulièrement dans l'aéronautique où les cycles d'utilisation des produits sont longs et les coûts de maintenance représentent un coût conséquent pour les clients [STUKES S. *et al.*, 1994].

Une étude réalisée en 1995 par le IDA (Institute for Defense Analysis) aux Etats-Unis révèle que les dépassements de coûts pour les programmes sur lesquels le DtC est appliqué sont 19% plus élevés que pour les programmes sans DtC [KAUSAL B. A., 1996]. Les principales causes identifiées par Kausal, sont le manque de procédure pour la réalisation de compromis entre coûts et performances, le manque de méthodes de management et surtout le manque d'implication du client dans le processus de conception. Une nouvelle méthode est alors introduite par le Département américain de la Défense en 1996, il s'agit de la méthodologie **CAIV (Cost As an Independent Variable)**. Cette méthode est la conséquence de l'échec du Design to Cost [SNODGRASS A., 2001] et est utilisée uniquement dans le secteur de la défense aux Etats-Unis [STOUT R., 2005]. Le nom de la méthode vient du postulat que le coût doit être traité comme une variable indépendante (donnée d'entrée de la conception et non plus conséquence de la conception) [LAND J. G., 1997]. Le CAIV est défini comme une méthode de gestion de l'acquisition dans laquelle les objectifs de coûts sont atteints au travers de compromis entre les exigences et les performances. Les nouveautés principales par rapport au Design to Cost sont la création d'équipes responsables à la fois des coûts et de la performance (ces équipes sont appelées « Integrated Product Team »), la participation des utilisateurs, l'analyse de risques et la capacité à remettre en cause les exigences. Les principes de cette méthode ont permis d'améliorer la maîtrise des coûts en conception et ont été exportés mais le nom de la méthode ne s'est pas diffusé en dehors des Etats-Unis.

b) Le cas du Japon

La démarche de l'Analyse de la Valeur est introduite au Japon vers 1955. Les entreprises japonaises ont adapté la méthode américaine afin de faire face à la compétition croissante sur le marché japonais [FEIL P. *et al.*, 2004]. Ils l'ont transformée en ce qu'ils appellent "genka kikaku", littéralement traduit par « coût planifié » [BRAXTON P., 1999]. Cette méthode a été inventée chez Toyota en 1965 puis s'est développée au Japon au début des années 70 [MEYSSONNIER F., 2001]. Plus tard, le "genka kikaku" fut traduit en "**target costing**", le terme est aujourd'hui universel. En 1995, lors du rassemblement annuel des spécialistes des coûts au Japon, cette méthode a été rebaptisée « target cost management ». Cependant aujourd'hui encore, on retrouve beaucoup plus souvent dans la littérature le terme de target costing.

Comme l'explique Meyssonnier dans son état de l'art sur le target costing (TC), il existe différentes conceptions du TC selon les auteurs [MEYSSONNIER F., 2001]. On distingue deux courants dans la définition du TC :

- * une définition « précise et limitative » limitant l'applicabilité du TC à la conception de produits nouveaux,
- * une définition « globale et extensive » définissant le TC comme une pratique collective concernant l'ensemble du cycle de vie du produit.

Kano (cité par [MEYSSONNIER F., 2001]) définit le TC comme suit: *“Le target costing n’est pas en réalité une technique d’évaluation des coûts. C’est plutôt un programme complet de réduction des coûts qui commence avant même que n’aient été créés les premiers plans du produit. C’est une démarche qui vise à réduire les coûts des produits sur l’ensemble de leur cycle de vie, tout en satisfaisant aux exigences du consommateur en matière de qualité, de fiabilité et autres, en examinant toutes les idées envisageables, de réduction des coûts au moment de la planification, du développement et du prototypage. Ce n’est pas une simple technique de réduction des coûts mais un système complet de gestion stratégique des profits”*.

c) Le cas de la France

En France, l'**Analyse de la Valeur** est normalisée par l'Afnor dès 1985. Le target costing émerge dans la littérature entre 1993 et 1995. La norme européenne sur l'Analyse de la Valeur et l'Analyse fonctionnelle [NF X50-153, 1985] introduit la notion de **Conception pour un Coût Objectif** (CCO) en 1985. La norme européenne [NF EN 1325-1, 1996] définit la Conception pour un Coût Objectif comme une *“méthode de management d’un projet qui permet de gérer celui-ci dès son début afin d’obtenir les performances définies en respectant les coûts et les délais”*. Très rapidement émerge la notion de **conception à coût global**, qui vise à atteindre un objectif en intégrant en plus du coût initial du produit, les coûts générés pendant toute sa durée de vie : carburant, maintenance, rechanges ...).

Cette notion est ensuite élargie à l'ensemble des paramètres identifiés comme stratégiques pour le développement d'un nouveau produit ; c'est l'émergence de la **Conception à Objectif Désigné** (COD) introduite par la norme [NF X50-156, 2003] en 2003. La COD est définie par l'Afnor dans la norme NF X50-156 [NF X50-156, 2003] comme une *« démarche de compétitivité qui apporte une meilleure garantie de satisfaction des besoins en restant dans un cadre défini »*. C'est une *« méthode de management anticipatif qui, dès le début du programme de développement d'un produit ou d'un système, vise à satisfaire de façon optimisée un objectif désigné »* où un objectif désigné est une *« combinaison identifiée d'objectifs reconnus majeurs régie par des règles d'arbitrages »*. Cette notion est assez récente puisque la norme date de 2003. Cette méthode vient du fait que la notion de CCO implique que toute solution ne respectant pas l'objectif de coût est systématiquement rejetée. La COD élargit donc cette notion de coût à l'ensemble des paramètres identifiés comme stratégiques pour le développement d'un nouveau produit. La CCO est alors un cas particulier de la COD.

III.2.2 Caractérisation des méthodes de maîtrise des coûts

Chaque entreprise adapte les méthodes de maîtrise des coûts à ses propres contraintes ; de plus selon la phase du projet, l'application des méthodes diffère. Nous décrivons ci-dessous les divergences observées dans la mise en pratique des méthodes citées précédemment.

a) *Types de coûts pilotés*

Comme le souligne Lorino [LORINO P., 2003], l'estimation des coûts adresse deux problèmes: le périmètre des coûts qui font l'objet d'une estimation dans le cadre de l'application du target costing et la période sur laquelle on souhaite estimer le coût.

Le périmètre de l'estimation doit englober tous les coûts qui peuvent être impactés par des décisions de conception. Il n'existe pas dans la littérature de consensus sur les coûts qui doivent être pris en compte par les méthodes de maîtrise des coûts. Cela s'explique par le fait que selon le secteur de l'entreprise, le type de produit fabriqué, les coûts constatés sur le cycle de vie du produit n'ont pas la même importance. Ainsi pour le secteur aéronautique, les coûts de maintenance ont une grande importance.

La norme sur la CCO laisse ouverte la liste des coûts qui sont traduits par des cibles dans la méthode : le coût cible «*peut être limité au seul coût récurrent du produit (coût unitaire de production) ou être constitué d'une combinaison de coûts englobant des coûts non récurrents (coûts de développement, coûts d'industrialisation), les coûts d'acquisition d'éléments du support logistique et les coûts opérationnels liés à l'utilisation (coût global)*» [NF EN 1325-1, 1996].

Le coût est une donnée qui varie avec le temps (en fonction de la maîtrise d'une technologie par exemple). La période d'estimation doit donc être précisée lors de chaque estimation, cela permet de fixer les hypothèses associées à chaque estimation.

b) *En interne ou externe*

Le DtC est soit contractuel entre un client et un fournisseur soit simplement interne à l'entreprise qui veut être compétitive [BELLUT S., 2002]. En effet, Gautier [GAUTIER F., 2002] rappelle que le terme Design to Cost peut faire l'objet d'une double acception :

- * dans le cas d'une entreprise unique, le Design to Cost s'applique au développement d'un produit ; il peut être vu comme une méthode de management de projet mise en place en interne, incitant les acteurs de la conception à prendre en compte l'impact de leurs décisions sur les coûts ;
- * dans le cas de deux organisations, le DtC correspond à une gestion de la relation entre un client et son fournisseur. Le déploiement du DtC entre un client et son fournisseur est réussi si ce dernier communique les informations nécessaires à la maîtrise des coûts ainsi que les opportunités de réduction de coûts existantes.

c) *Evolution de la méthode au cours du cycle de vie du projet*

Lorino [LORINO P., 1994] souligne le paradoxe du TC : «*plus on est en amont, plus la base informationnelle sur laquelle peut s'appuyer la coopération entre fonctions est réduite, et plus cette coopération est pourtant nécessaire*». Dans la littérature sur le TC, une différence forte est faite entre le processus de conception et le processus de production. Ainsi on parle de « target costing » pour le

pilotage des coûts durant la conception et de « kaizen costing » durant la production. De la même manière, on parle de Redesign to Cost lorsque le Design to Cost est appliqué tard dans le processus de conception [CHAUVET A., 1996], et que la marge de manœuvre pour réduire les coûts est réduite.

III.2.3 Comparaison des méthodes permettant de maîtriser les coûts lors du processus de conception

Selon Lorino [LORINO P., 1994], la principale différence entre le target costing et les autres méthodes de pilotage par les coûts comme le DtC ou la CCO provient du périmètre de la méthode. En effet, le target costing est « *un véritable système de management intégrant outils, pratiques et culture dans une vision globale des objectifs et de la performance* ». La coupure entre les disciplines de l'ingénieur et celles du management font que le modèle occidental du target costing (i.e. la CCO) est en quelque sorte « *la projection du « target costing » dans l'activité spécifique du bureau d'études. Elle fait appel aux techniques d'ingénierie de la valeur, de réduction de la variété, d'analyse fonctionnelle pour permettre aux concepteurs-développeurs d'atteindre une cible de coûts.* ». La version occidentale du TC occulte donc les problèmes de communication inter-métiers (stratégie, marketing, conception, industrialisation, comptabilité contrôle, production). Lorino souligne également que ce cloisonnement est encore plus marqué aux Etats-Unis où la comptabilité de gestion et le contrôle sont monopolisés par les spécialistes de comptabilité. Ceci explique pourquoi le Design to Cost est cité par Braxton [BRAXTON P., 1999] comme un outil du Target Costing. Il s'agit de la vision ingénieur du Target Costing.

Stout [STOUT R., 2005] compare le CAIV et le Target Costing et identifie 3 différences principales :

- * le TC insiste fortement sur l'analyse du marché et la définition de la marge attendue par l'entreprise, ce qui n'est pas le cas du CAIV,
- * les produits sur lesquels sont appliqués le TC ont un cycle de vie plus court que ceux sur lesquels est appliqué le CAIV,
- * le TC est appliqué dans le secteur privé alors que le CAIV est appliqué dans le secteur public de la défense.

Le Tableau 2 synthétise les différences entre les principales méthodes de maîtrise des coûts en conception.

Méthodes	Target Costing	DtC - CCO	CAIV
Périmètre	Véritable système de management intégrant outils, pratiques et culture	La projection du « target costing » dans l'activité spécifique du bureau d'études	
Coûts pilotés	Tous les coûts qui peuvent être impactés par les décisions de conception	DtC: Coûts récurrents CCO: à adapter selon les entreprises	Coût du cycle de vie
Secteur d'application	Secteur privé		Secteur public de la défense
Divers	Forte analyse du marché et marge attendue		Integrated Product Team Analyse des risques Participation des utilisateurs

Tableau 2 - Méthodes de maîtrise des coûts en conception : Synthèse

Nous verrons dans le chapitre 2, en fonction du contexte de notre étude, la définition retenue pour la méthode de maîtrise des coûts. Nous devons pour cela définir :

- * *le type de coûts traité par les méthodes,*
- * *le périmètre de l'application (en interne, en externe ou les deux),*
- * *les phases du cycle de vie considérées pour notre étude.*

Synthèse

Les évolutions du secteur aéronautique ont rendu indispensable l'amélioration de l'intégration du coût dans les entreprises aéronautiques. L'amélioration de l'intégration des coûts en entreprise, consiste à élever le degré d'importance du coût dans la stratégie de l'entreprise, la conception et les connaissances / compétences. Un des moyens d'élever le degré d'importance du coût en conception consiste à mettre en place des méthodes de maîtrise des coûts en conception. Nous parlerons de méthodes de maîtrise des coûts dans la suite du rapport pour citer les méthodes visant à intégrer un objectif de coût dès le début du projet de conception. Elles sont nombreuses et varient selon le pays et le secteur d'activité dans lequel elles sont appliquées. Les principales différences observées relèvent du type de coût traduit par une cible, de l'application de la méthode en interne ou en externe et de l'évolution de la méthode sur le cycle de vie du projet.

Chapitre 2 : Un besoin d'amélioration de l'intégration et de la maîtrise des coûts chez Airbus et Eurocopter

Résumé

L'objectif de ce chapitre est de présenter le contexte industriel dans lequel nous avons réalisé notre recherche et en particulier de déterminer l'état des pratiques de la maîtrise des coûts en conception aéronautique. Nous commençons par présenter les enjeux de la conception dans le secteur aéronautique ainsi que les processus de conception chez Airbus et Eurocopter. Puis, nous caractérisons les activités des équipes Design to Cost dans ces deux entreprises.

I. Airbus et Eurocopter : points communs et différences

Notre étude a été réalisée au sein du Centre Commun de Recherche EADS et a été demandée par deux entreprises de ce groupe : Airbus et Eurocopter. Ce projet de recherche commun avait pour objectif de faire progresser simultanément ces deux entreprises aux problématiques similaires. Ceci par le biais d'un partage des connaissances, des expériences et des difficultés rencontrées. Pour identifier, dans la suite de l'étude, ce qui est transférable entre Airbus et Eurocopter, nous comparons dans ce paragraphe les environnements de travail dans lesquels les deux entreprises évoluent.

I.1 Quelques chiffres relatifs à Airbus et Eurocopter

Airbus et Eurocopter sont deux entreprises du secteur aéronautique, fabriquant respectivement des avions et des hélicoptères. L'objectif de ce chapitre est de comparer ces deux entreprises. Après avoir donné quelques chiffres clés, nous comparerons le processus de conception d'un avion et d'un hélicoptère.

Nous donnons dans le Tableau 3 quelques chiffres relatifs aux deux entreprises Airbus et Eurocopter. Il y a environ cinq fois plus d'employés chez Airbus que chez Eurocopter pour deux fois plus de commandes et presque trois fois plus de sites.

En comparant la répartition des coûts sur le cycle de vie du produit, nous pouvons voir que la part de coût de maintenance chez Eurocopter est presque trois fois plus importante que chez Airbus. Inversement, la part de coût d'acquisition est 1,5 fois plus importante chez Airbus que chez Eurocopter. Ceci est dû au fait qu'un avion est constitué de beaucoup de pièces statiques lors de l'utilisation de l'avion³, qui sont chères à la fabrication mais ne coûtent presque rien en maintenance. Inversement, un hélicoptère est constitué de beaucoup de pièces d'usures⁴, qui « bougent » lors de l'utilisation d'un hélicoptère. Ce type de pièce requiert une intervention de maintenance plus fréquente.

³ Exemple : les ailes, le fuselage.

⁴ Exemple : pâles, rotor, mécaniques avec engrenage.

	AIRBUS	EUROCOPTER
Appareils en service	2006 : 4159 appareils en service	2004 : 9326 appareils en service
Taille de l'entreprise	16 sites et environ 50000 employés	6 sites et environ 11200 employés
Répartition des coûts		
Nombre de commandes	1055 commandes en 2005	401 commandes en 2005
	Chiffres relatifs à l'A380	Chiffres relatifs à un hélicoptère (estimés)
	<ul style="list-style-type: none"> * 3 millions de pièces détachées * travail de 50000 personnes dont 6000 ingénieurs * Prix de vente catalogue d'un A380-800 : 275 millions de dollars US 	<ul style="list-style-type: none"> * 30 000 pièces * 70 personnes sur le plateau en phase pré-développement * travail de 500 personnes en tout en phase de pré-développement

Tableau 3 - Quelques chiffres relatifs à Airbus et Eurocopter

1.2 Comparaison du marché de l'aviation civile et des hélicoptères

Nous caractérisons dans ce paragraphe les processus et contextes de conception de ces deux entreprises (voir synthèse dans le Tableau 4).

Dans la suite du rapport, lorsque nous parlerons de projet, nous sous-entendons « projet de conception visant à développer un nouvel appareil chez Airbus ou Eurocopter ».

	AVION	HELICOPTERE
Points communs		
Temps de développement	Long (entre 4 et 5 ans)	Long (entre 5 et 10 ans)
Durée de vie du produit	Environ trente ans	Environ trente ans
Taille de série de fabrication	* Petite séries * Aout 2006 : 30 avions airbus fabriqués	* Très petites séries
Différences		
Contraintes temporelles	Fortes	Très fortes
Missions	Missions standards d'un appareil à l'autre	Missions très différentes
Nombre de clients aux attentes différentes	Clients similaires : Compagnies aériennes	Grande diversité de clients
Découpage appareil	Trois niveaux de décomposition	Deux niveaux de décomposition

Tableau 4 - Tableau comparatif du développement avions et hélicoptères (à partir de [GAUTIER F., 2002; GIFAS, 2003; RIVIERE A., 2004; DAUGEY A. *et al.*, 2005; GUICHEBARON S. *et al.*, 2005; LABORIE F., 2006])

1.2.1 Temps de développement

L'analyse du cycle de développement d'un nouvel avion, permet de constater que celui-ci peut varier selon que l'avion développé est une adaptation d'un modèle existant ou une nouvelle référence. Ainsi, selon le cas, le cycle de développement pourra durer entre 4 et 5 ans. Ce temps de développement implique que les spécifications fonctionnelles initiales sont parfois remises en cause lors du processus de conception. A titre d'exemple, les caractéristiques générales de l'Airbus A380-800 ont fortement évolué depuis 1997 : l'envergure est passée de 72,8m à 79,9m, la longueur de 67,9m à 73m, la masse maximale au décollage de 540t à 548t. Le marché de l'hélicoptère possède également un cycle de développement long (5 ans pour un appareil civil et 10 ans pour un appareil militaire).

1.2.2 Durée de vie du produit

Les durées de vie d'un avion et d'un hélicoptère sont généralement d'une trentaine d'années. Le constructeur doit donc s'assurer pendant environ trente ans de l'opérationnalité des appareils en service chez les clients dans le respect des normes de sécurité. Il doit maîtriser l'évolution d'une flotte grandissante dans le temps et apporter une réponse aux difficultés techniques rencontrées par les compagnies.

I.2.3 Taille de série de fabrication et nombre d'appareils commandés

Les avions et les hélicoptères sont fabriqués en petite série, un faible nombre d'appareils est produit chaque année. Même si pour certains hélicoptères, le nombre de vente est important, la spécificité de chaque version rend les séries de fabrication petites. A titre d'exemple moins de 350 avions sont sortis des chaînes d'assemblage Airbus en 2004 (toutes chaînes confondues).

I.2.4 Contraintes temporelles

Le développement d'un nouvel hélicoptère est souvent réalisé sur contrat étatique ou sur un gros contrat afin d'amortir les coûts de développement. L'engagement de telles dépenses est déclenché par une proposition de financement, par le biais d'un appel d'offre par exemple. Une fois l'appel d'offre lancé, des études sont réalisées afin de déterminer ce qui est faisable et répond aux exigences du client. Une proposition est ensuite faite au client, elle constitue un engagement sur des performances, des coûts ou des délais. Dans certains cas, les contraintes temporelles liées aux phases amont d'un projet peuvent être très fortes car celles-ci sont imposées par le client, par le biais de l'appel d'offre. Rappelons que c'est durant les premières phases de conception que la majorité des coûts sont engagés, le bon déroulement du projet dépend grandement de la façon dont sont menées ces études préliminaires [ANGENIOL S. *et al.*, 2005].

I.2.5 Missions et clients

Une autre particularité du développement de nouveaux hélicoptères est que les clients sont très différents (environ 70% des clients de la société sont des opérateurs qui disposent d'une flotte de moins de cinq appareils [GAUTIER F., 2002]) et le panel de missions à réaliser par un appareil est très large (contrairement au marché de l'avion où le panel des clients est moins large et les missions reproductibles). Les principaux clients d'Eurocopter sont des organismes publics et para publics et les transporteurs (passagers ou VIP). C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les projets démarrent souvent à l'occasion d'un appel d'offre ; il est difficile de préjuger des attentes du marché de manière générale puisque chaque client est porteur d'exigences différentes. Pour un hélicoptère, des exemples de clients et de missions associées peuvent être :

- * compagnies commerciales : grand nombre d'heures de vol par an, insistance sur la disponibilité et le faible coût d'utilisation des appareils,
- * charters ou propriétaires privés : faible nombre d'heures de vol par an, insistance sur le faible coût d'achat,
- * clients militaires ou publics : faible nombre d'heures de vol par an, insistance sur le niveau d'équipement et la disponibilité des appareils.

I.2.6 Découpage appareil

Pour faciliter le suivi d'un projet avion ou hélicoptère, les appareils sont découpés en systèmes, et gérés indépendamment lors de l'avancement du projet. Chez Airbus, il existe trois niveaux de découpage :

- * niveau appareil (phase de conception),
- * niveau tronçon (phase de définition),
- * lots de travail (fin de phase de définition) : comprend les sous-tronçons et pièces élémentaires.

Chez Eurocopter on retrouve le niveau appareil et le niveau lots de travail. Il n'existe pas de niveau tronçon car un hélicoptère est plus petit qu'un avion.

I.3 *Phasage des projets de conception*

Nous avons étudié les grandes phases des projets de conception chez Airbus et Eurocopter dont la synthèse est réalisée dans le Tableau 5.

Projets Airbus		Projets Eurocopter	
Phases Airbus	Contenus	Phases Eurocopter	Activités
Faisabilité	<ul style="list-style-type: none"> * Identifier les opportunités du marché * Sélectionner des concepts avion appliqués 	Faisabilité	<ul style="list-style-type: none"> * Accompagner l'expression des besoins * Identifier les solutions possibles * Evaluer la plus pertinente
Conception	<ul style="list-style-type: none"> * Optimiser des concepts au niveau de l'avion * Consolider de la configuration de référence 	Pré-développement	<ul style="list-style-type: none"> * Affiner les solutions techniques * Réaliser les choix dimensionnant
Définition	<ul style="list-style-type: none"> * Finaliser les spécifications et des propositions commerciales * Définir des composants 	Développement	<ul style="list-style-type: none"> * Définir toutes les parties de l'appareil * Produire et tester les prototypes * Certifier l'appareil
Développement	<ul style="list-style-type: none"> * Produire * Assembler * Tester * Certifier * Réaliser les moyens de production 		Industrialisation
Production série	<ul style="list-style-type: none"> * Fabriquer les appareils * Résoudre les problèmes rencontrés durant la vie série * Réaliser les évolutions demandées 	Production série	<ul style="list-style-type: none"> * Fabriquer les appareils * Résoudre les problèmes rencontrés durant la vie série * Réaliser les évolutions demandées

Tableau 5 - Phasage des projets chez Airbus et Eurocopter (adapté de [RIVIERE A., 2004] et [GAUTIER F., 2002])

Après avoir étudié les phasages Airbus et Eurocopter, nous avons défini un phasage de référence pour la suite du rapport, représentatif du phasage dans les deux entreprises (voir Figure 6) ; Notons que ce phasage est très proche de celui d'Airbus, il comprend les phases suivantes :

1. la phase de *faisabilité* durant laquelle plusieurs alternatives de solution sont envisagées, les plus intéressantes étant évaluées afin de déterminer les moyens nécessaires pour répondre aux exigences, les grands concepts de solution sont sélectionnés,
2. la phase de *conception* qui aboutit à la proposition d'un choix optimisé en matière de performances, coûts et délais pour la satisfaction des exigences (définition de la configuration de référence),
3. la phase de *définition* qui consiste à enrichir les concepts techniques associés à la première configuration de référence en y associant des informations relatives au marketing, à la production, à la maintenance, au soutien, à la certification, aux coûts et au recyclage du futur produit,
4. la phase de *développement* qui consiste à valider une solution et obtenir une définition qualifiée/certifiée qui pourra être reproduite lors de la production en série en respectant les performances, coûts et délais précédemment définis,
5. la phase *production en série* des appareils qui consiste également à résoudre les problèmes rencontrés durant la vie série et à réaliser les évolutions demandées.

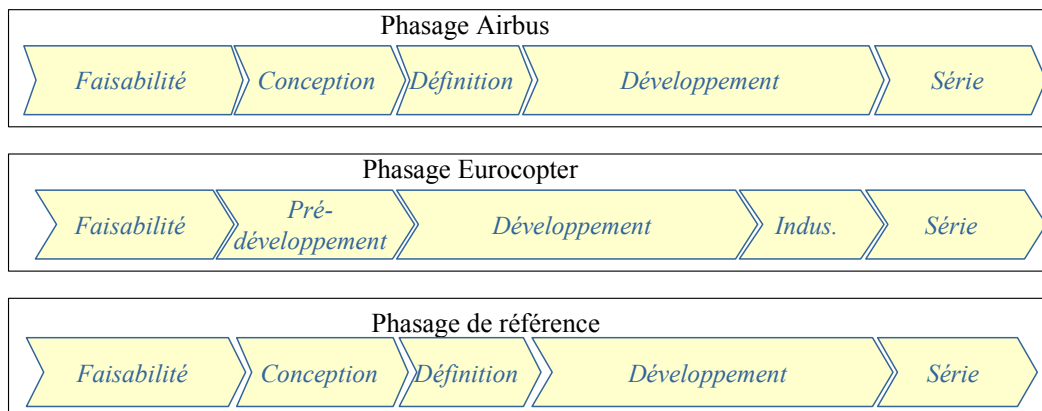


Figure 6 - Phasages projet: Airbus, Eurocopter et phasage de référence que nous adoptons

Après avoir présenté les caractéristiques des projets de conception de nouveaux appareils chez Airbus et Eurocopter, nous étudions le statut du paramètre des coûts dans la conception aéronautique.

1.4 Objectifs d'Airbus et d'Eurocopter

1.4.1 L'importance croissante du paramètre coût

a) Airbus

L'industrie aéronautique civile en France est marquée par une profonde transformation de la nature des relations entre les différents acteurs, états, industriels et clients, transformation entamée voici une trentaine d'années maintenant. Les règles qui régissaient les coordinations à cette époque

appartenait à une logique qualifiée « d'arsenal ». Dans une logique d'arsenal, l'Etat est tout à la fois client, actionnaire et financeur des industriels. Selon cette logique, un avion efficace est un avion performant techniquement (à l'exemple du Concorde), l'aspect technologique étant prédominant, tandis que les nécessités commerciales sont reléguées au second plan. Progressivement, cette logique, en raison des échecs commerciaux plus ou moins sévères que connaissent l'industrie aéronautique (à l'instar du programme Concorde) est de moins en moins acceptée par les industriels [BECUE M. *et al.*, 2005]. Au même moment, l'Etat cherche à réduire son rôle dans cette industrie afin de minimiser ses dépenses dans le contexte de crise des années soixante-dix. A partir du début des années quatre-vingt, on assiste au désengagement progressif de l'Etat du secteur aéronautique civil autorisant une émancipation des industriels. Peu à peu une logique dite de « marché » s'est mise en place.

Dans une logique de marché, un programme est perçu comme une réussite si l'appareil se vend : la technologie ne doit être utilisée que si elle confère au produit un avantage commercial. Toutes les améliorations ont pour objectif d'aboutir à une réduction sensible pour les compagnies aériennes des coûts d'achat, d'exploitation et de maintenance. Dès lors, ce sont les compagnies aériennes qui fixent les caractéristiques et le prix de l'appareil, ce qui constitue une condition essentielle du succès d'un programme. La famille des Airbus est ainsi conçue en respectant cette logique : l'Airbus doit être un appareil simple et peu cher, correspondant aux besoins du marché en termes de qualité, de performance, de délais de livraisons, de coûts d'exploitation, de maintenance et de prix.

Les attentats du 11 septembre 2001, la recrudescence de la crainte terroriste, les crises sanitaires mondiales et les croissances faibles de certaines économies ont impacté fortement le transport aérien depuis 5 ans. L'industrie aéronautique a beaucoup souffert de ces événements et de nombreuses compagnies ont fait faillite. Cependant, les compagnies low-cost échappent à cette dynamique, et connaissent une forte croissance [ATKEARNEY, 2003]. Les compagnies recherchent de plus en plus à acheter des avions à bas prix afin de diminuer le montant des trajets auprès des particuliers. Ainsi, les constructeurs d'avion sont amenés à répondre à une demande d'avions à moindre coût impliquant le développement de nouvelles méthodes de travail. Dans le contexte économique actuel, les compagnies aériennes qui se livrent à une très forte concurrence économique, ont engagé de gros efforts pour accroître leur compétitivité. Leurs objectifs prioritaires sont donc d'acheter des avions le moins cher possible et de les exploiter à moindre coût. Pour répondre à cette double attente des compagnies, Airbus a axé sa stratégie selon trois axes :

1. réduction des coûts industriels (réduire le prix de revient avion et soutenir le prix de vente imposé par le marché),
2. maîtrise de la disponibilité avion (limitation du nombre de retard et annulation),
3. maîtrise des coûts de maintenance (qui constituent une part importante des coûts d'exploitation avion et qui résultent en partie des choix techniques de l'avionneur).

Le programme Route 06 a été lancé au sein d'Airbus en 2003 pour s'engager sur la voie du changement, ce projet est orienté vers une maîtrise des coûts. En effet, l'objectif mis en évidence dans la presse externe est énoncé de la façon suivante : l'entreprise cherche à réaliser une économie de 1,5 milliard d'euros d'ici 2006. Ce programme est composé d'environ 1200 projets disséminés dans les différents secteurs de l'entreprise. L'un de ces projets, le Design to Cost, vise une réduction des coûts récurrents de l'avion [DAUGEY A. *et al.*, 2005].

Les récents événements liés aux retards de livraison de l'A380, rendent d'autant plus importante cette dynamique de réduction des coûts [GALLOIS D., 2006]. Le report du calendrier coûtera à l'avionneur 4,8 milliards d'euros, dont 2 milliards liés aux retards de livraison et 2,8 milliards de pénalités et de surcoûts de fabrication. Les coûts de fonctionnement doivent donc être réduits de 30% d'ici à 2010.

b) Eurocopter

Comme chez Airbus, la compétitivité sur le marché de l'hélicoptère est de plus importante et les clients requièrent des prix appareils de plus en plus bas. De plus, selon les responsables de l'entreprise (cités par [GAUTIER F., 2002]), « *la prise en compte des coûts au niveau des avant-projets d'hélicoptère devient maintenant une exigence incontournable. A la définition d'un avant-projet, il est nécessaire d'associer son coût de développement, le coût série du produit et le coût d'utilisation* ».

1.4.2 La nécessaire amélioration de l'intégration des coûts chez Airbus et Eurocopter

Dans le cadre de notre projet, deux études ont été lancées en 2005 pour étudier la perception du Design to Cost chez Airbus et Eurocopter sous un angle psycho-social ([DAUGEY A. *et al.*, 2005; GUICHEBARON S. *et al.*, 2005]). Ces deux études ont entre autre permis d'étudier la place des coûts dans ces entreprises, nous en listons les principales conclusions :

- * bien que des messages récurrents sur la réduction des coûts soient régulièrement formulés par la Direction Générale, la sensibilisation des équipes projet à la prise en compte des coûts reste parfois insuffisante,
- * une ascendance de la logique technique sur la logique économique met en évidence les contraintes culturelles relatives au métier d'ingénieur,
- * le coût a un aspect confidentiel : une des causes de rétention de l'information de coût réside dans le fait que le coût a un sens différent en fonction des secteurs d'activité. Dans le cas où l'activité de travail des individus est centrée sur cette notion, cette dernière constitue un élément essentiel de leur activité et par conséquent de leur identité professionnelle. La rétention d'information marque un besoin de différenciation des services les uns par rapport aux autres,
- * le coût était manipulé jusqu'à récemment uniquement par des experts,

- * le coût est mal connu dans l'entreprise,
- * l'image de l'entreprise repose sur une valorisation de la haute technologie,
- * la performance de l'appareil et la sécurité sont considérés comme prioritaires devant les coûts par les concepteurs.

Notons que les caractéristiques des projets aéronautiques rendent particulièrement difficile la maîtrise des coûts. En effet, la durée des projets implique de nombreuses modifications lors de la conception. Par exemple, l'arrivée sur le marché d'un produit concurrent peut impliquer une remise en cause de certaines décisions clés d'un projet en cours. L'évolution des contrats avec les fournisseurs est alors problématique : une fois un contrat signé avec un fournisseur, il est difficile de le modifier, cela entraîne généralement des surcoûts.

Ainsi, l'objectif d'Airbus et d'Eurocopter est double :

- * *améliorer l'intégration des coûts dans l'entreprise,*
- * *améliorer la maîtrise des coûts en conception.*

Pour atteindre ce double objectif, une équipe Design to Cost (DtC) a été créée dans chacune des entreprises en 2001.

Nous étudions dans le paragraphe suivant les caractéristiques et les activités des deux équipes DtC (à l'origine de la demande pour notre étude).

II. Le Design to Cost chez Airbus et Eurocopter

Avant de décrire le processus DtC chez Airbus et Eurocopter, nous donnons quelques définitions relatives aux coûts dans ces entreprises.

II.1 Définitions relatives aux coûts chez Airbus et Eurocopter

Nous utiliserons dans la suite du rapport les notions de coûts récurrents, coûts non récurrents et coûts direct de maintenance. En effet, les coûts gérés par l'équipe Design to Cost Airbus sont les coûts récurrents, et ceux gérés par les équipes DtC Eurocopter sont les coûts récurrents et les coûts directs de maintenance. Après avoir mieux défini ces coûts, nous précisons les contextes économiques de leur traitement au sein des deux entreprises.

Un contexte économique se définit selon Camarguo-Pardo ([CAMARGO-PARDO M., 2004], p 80) par les facteurs principaux suivants : l'évolution de la monnaie dans le temps et la devise utilisée, l'effet de l'inflation⁵, l'homogénéité du type de coûts estimés, la fiabilité des sources externes.

⁵ L'inflation est définie par la NASA comme une augmentation du volume d'argent relatif à un bien ou service donné, ce qui a pour conséquence une augmentation continue du niveau des prix.

II.1.1 Coûts récurrents et non récurrents chez Airbus et Eurocopter

La classification des coûts en coûts récurrents et non récurrents dépend du point de vue adopté pour les considérer. En effet, du point de vue de l'utilisateur, le coût de fabrication de l'avion est un coût non récurrent. A l'inverse, du point de vue de l'entreprise, le coût de fabrication est un coût récurrent (i.e. qui se réitère à chaque fabrication de produit). Nous nous concentrons ici sur le point de vue de l'entreprise, les coûts récurrents sont donc principalement les coûts de fabrication des appareils. Dans les deux entreprises, le contexte économique lié aux coûts récurrents se définit par les facteurs suivants :

- * *Taux de change*: Airbus et Eurocopter travaillent avec des fournisseurs qui n'utilisent pas forcément la même monnaie qu'eux, mais la monnaie principale de travail reste l'euro. En effet, l'équipe de comptabilité fournit un taux de conversion qui ne varie pas pendant une période donnée. Le travail des ingénieurs est réalisé avec un taux constant sans prendre en compte les variations de change. C'est l'équipe de comptabilité qui réalise les ajustements dus à la variation des taux de change.
- * *Conditions économiques*: Lors du développement de produits aéronautiques, l'échelle des temps se mesure en dizaines d'années. Les dépenses et les recettes n'étant pas perçues au même moment, il est important de rendre stable la valeur d'une monnaie dans le temps pour que les décisions de conception soient pertinentes ([MICHAELS J. V. *et al.*, 1989], p311). Chaque fois qu'un chiffre de coûts est donné chez Airbus et Eurocopter, l'année de référence pour les conditions économique est précisée. Le service de comptabilité fournit une table des coefficients permettant de passer d'une année à une autre et prenant en compte les phénomènes d'inflation et de déflation⁶.
- * *Année technologique*: une année technologique est également associée aux évaluations de coûts. Cela représente un niveau de performance des outils ou technologies disponibles dans une usine. En général, on considère que chaque année, le coût de fabrication diminue de 2%.
- * *Référence*: une évaluation de coût peut être un coût unitaire associé à un exemplaire d'appareil (chez Airbus, la référence prise est souvent le 100^{ème} appareil) ou un coût moyen (par exemple un coût moyen sur 500 avions).
- * *Effet d'apprentissage (learning curve)*: il est reconnu que la répétition d'une même opération a pour effet une diminution de l'effort et du temps consacré à cette opération. Cet effet est pris en compte lors des évaluations de coût, c'est le cas par exemple lorsque la production du produit évalué est réalisée sur une nouvelle ligne de fabrication.

⁶ La déflation est le gain du pouvoir d'achat de la monnaie qui se traduit par une diminution générale et durable des prix ; c'est une inflation négative.

II.1.2 Coûts directs de maintenance chez Eurocopter

Chez Eurocopter, les coûts de maintenance sont exprimés en euros par heure de vol. Lorsqu'il s'agit d'un système qui n'est pas utilisé en continu durant le vol (exemple : une arme ou un système de dégivrage), le coût est exprimé en euros par cycle d'utilisation (exemple : nombre de tirs, durée en condition givrante). Des hypothèses d'utilisation sont toujours associées à un coût de maintenance. Comme pour les coûts récurrents, l'évolution de la valeur d'une monnaie dans le temps est prise en compte.

II.1.3 Caractérisation du paramètre coût

Les méthodes de maîtrise des coûts visent à le traiter de la même façon que d'autres variables plus techniques de la conception. Pourtant, le coût diffère des variables techniques par de nombreux aspects. Nous caractérisons dans ce paragraphe le coût et identifions ses spécificités qui rendent difficile sa maîtrise.

El-Moustapha [EL-MOUSTAPHA M. *et al.*, 2006] identifie cinq caractéristiques pour le coût vu par le concepteur :

- * **Longitudinalité** : le coût est une donnée longitudinale qui intervient tout au long du projet, en amont comme contrainte et en aval comme coût constaté.
- * **Criticité** : le coût est une donnée critique car les décisions prises en début de projet déterminent fortement le coût final avec une dimension d'irréversibilité.
- * **Incertitude** : le coût est une donnée incertaine car il s'agit d'une donnée rétrospective.
- * **Caractère lié** : le coût est une donnée dépendante du système à concevoir.
- * **Distribution** : le coût est une donnée distribuée au collectif d'acteurs de la conception par un métier : celui de chiffeur.

Le coût **n'existe pas en soi et n'a rien de naturel**, au contraire d'une donnée comme la force ou la masse [EL-MOUSTAPHA M. *et al.*, 2006]. Il n'a de réalité que parce qu'un acteur économique a identifié des charges selon des normes comptables données et les a rattachées à un objet d'analyse qu'il juge pertinent.

Le coût est **très sensible aux détails de conception** (un traitement de surface, une nuance de matériaux, une tolérance serrée) et est donc difficile à estimer avec précision en amont de la conception [ANGENIOL S. *et al.*, 2005].

De plus, le coût **ne peut être mesuré indépendamment du contexte d'exploitation** : le coût technologique est souvent le coût évalué, mais pour obtenir le coût réel, il faut prendre en compte des paramètres tels que le nombre d'avions fabriqués et la montée en compétence (on s'intéresse entre

autre au paramètre t_{100}^7 pour caractériser l'effet série). D'autre part, un coût est une donnée « **périssable** » qui n'est valable que durant une période limitée dans le temps.

II.2 Périmètre d'action des équipes Design to Cost

II.2.1 Types de coûts pilotés

Comme expliqué précédemment, l'équipe DtC Airbus concentre son travail sur la maîtrise des coûts récurrents. Une équipe indépendante traite les coûts de maintenance. Chez Eurocopter, l'équipe Design to Cost traite les coûts récurrents et les coûts de maintenance. Le Tableau 4 montre que le coût de maintenance occupe une place très importante dans le coût sur le cycle de vie de l'hélicoptère du point de vue de l'utilisateur. C'est donc un élément d'appréciation pour le client lors d'un achat.

L'équipe chargée d'évaluer les coûts de maintenance a souligné le fait que certains surcoûts pourraient être évités en prenant en compte les coûts de maintenance dès les phases amont de la conception. Ils ont donc mis en place une méthode du type « Design to maintenance cost » au sein de l'entreprise. Jugeant qu'il était pertinent de traiter les coûts récurrents au même titre que les coûts de maintenance, ils ont également intégré ces coûts dans la méthode.

II.2.2 Position dans l'entreprise et rôle des équipes DtC

Les organisations d'Airbus et d'Eurocopter sont de natures différentes. Ceci est principalement dû à la taille des projets. En effet, Airbus fabrique des gros porteurs au niveau transnational, le découpage industriel est fort et les acteurs de la conception sont habitués à travailler sur des sections d'avions. Le programme est responsable de la cohérence de tous les morceaux entre eux. Eurocopter fabrique des produits de plus petite taille, les projets à « taille humaine » sont gérés dans leur globalité.

Par conséquent, l'organisation du DtC n'est pas la même chez Airbus et Eurocopter. Chez Airbus, le programme qui possède une vue globale de l'appareil est chargé de fixer les cibles. L'équipe DtC intervient au niveau local auprès des acteurs projet pour accompagner l'atteinte des cibles. Notons qu'il existe un département « Costing » chargé d'évaluer les coûts à la demande des acteurs de l'entreprise. Chez Eurocopter, la procédure qualité du management de projet de la société précise que pour gérer les coûts, il faut faire du Design to Cost. Ainsi, les chefs de projet s'adressent à l'équipe DtC et une collaboration se met en place pour optimiser la conception de manière multicritères : performances, coûts, risques et délais. L'équipe DtC est chargée d'assister le chef de projet dans l'allocation des cibles et de veiller à l'atteinte de ces cibles.

Chez Airbus et Eurocopter, les opérations visant à réduire les coûts associés aux phases d'un projet de conception (voir phasage référent défini au I.3) sont les suivantes :

⁷ T_{100} : temps de fabrication du 100^{ème} appareil

- * Faisabilité et conception : Opérations Design to Cost permettant un maximum de gains, c'est durant ces phases amont que la marge de manœuvre est la plus grande pour optimiser l'appareil.
- * Définition et début développement : Opérations Redesign to Cost consistant à modifier le design initial de l'appareil là où des opportunités de réduction des coûts sont identifiées.
- * Fin développement et série : amélioration continue se basant sur les retours issus de la phase de production et des problèmes ou opportunités identifiés sur les appareils précédents.

Dans les deux entreprises, le rôle des équipes DtC se limite aux deux premiers types d'opérations (Design to Cost et Redesign to Cost). Ainsi, nous nous concentrons sur ces phases lors de notre étude.

La démarche des équipes DtC Airbus et Eurocopter s'appuie sur le pilotage des coûts en interne. La part achetée pour un avion ou un hélicoptère représente environ 70% du coût total de l'avion. Le travail avec les fournisseurs représente donc un potentiel de gains important. Peu à peu les équipes se sont intéressées à cette mise en place du Design to Cost auprès des fournisseurs.

La priorité des équipes DtC étant le déploiement du DtC en interne, nous nous concentrons sur cette problématique dans notre recherche.

II.2.3 Synthèse

Le Tableau 6 synthétise les convergences et divergences relatives aux équipes DtC Airbus et Eurocopter.

	Équipe DtC Airbus	Équipe DtC Eurocopter
Convergences		
Secteur	* aéronautique	
Produit	* produit complexe * cycle de vie : environ 30 ans	
Activités	* Gestion des cibles * Gestion des opportunités de réduction des coûts * Suivi et pilotage	
Divergences		
Périmètre d'action	* coûts récurrents * non responsable de la définition des cibles produit et du chiffrage * pas d'expérience dans l'allocation des cibles	* coûts récurrents et coûts de maintenance * responsable de la définition des cibles produit et du chiffrage * expérience dans l'allocation des cibles
Statut au sein de l'entreprise	* le programme fixe les cibles * le DtC intervient localement pour aider les acteurs projet à atteindre les cibles	* le DtC est chargé de déployer le Design to Cost au niveau global

Tableau 6 - Convergence et divergence des équipes DtC

Bien que les deux équipes DtC travaillent dans deux entreprises différentes et qu'il existe certaines différences dans les contraintes projet et le rôle des équipes, de nombreux points communs peuvent être observés dans leurs activités. Ainsi, nous utiliserons la complémentarité des expériences et des difficultés vécues par ces deux équipes pour mener notre étude. La différence entre ces deux équipes enrichit les observations issues de l'étude terrain.

L'objectif des équipes DtC Airbus et Eurocopter est double :

- * ***améliorer l'intégration des coûts en conception,***
- * ***améliorer la maîtrise des coûts en conception.***

Comme pour l'amélioration de l'intégration des coûts en entreprise, nous définissons l'amélioration de l'intégration des coûts en conception comme ***une élévation du degré d'importance du coût dans la conception.***

III. Objectifs de notre démarche

III.1 Caractérisation des opérations DtC chez Airbus et Eurocopter

Chaque application du DtC sur un projet est ce que nous appelons une *opération Design to Cost*. Notre état des lieux repose sur l'observation d'opérations DtC mises en place sur des projets de conception. Nous décrivons ci-dessous les caractéristiques de ces opérations. Pour chaque opération, nous identifions :

- * le type de projet sur lequel le DtC est appliqué,
- * le périmètre d'application du DtC,
- * la phase concernée,
- * le type d'activité DtC mis en œuvre

Le DtC peut être appliqué sur différents *types de projets*, nous distinguons les opérations menées dans le cadre du développement d'un nouvel appareil (qui peut être soit l'évolution d'un appareil existant, soit le développement d'une nouvelle référence qui vient compléter la gamme) et les opérations menées en dehors du développement d'un nouvel appareil (comme sur un projet recherche par exemple).

Le *périmètre d'application du DtC* varie selon les projets, en effet, le DtC peut être appliqué sur l'ensemble d'un appareil, sur des parties spécifiques d'un appareil ou sur une technologie spécifique.

Les opérations DtC sont également caractérisées par les *phases projet* durant lesquelles elles sont menées. Comme expliqué précédemment, nous nous concentrons sur les 4 phases suivantes :

- * FAI : phase de faisabilité,
- * CON : phase de conception,
- * DEF : phase de définition,
- * DEV : phase de développement.

Le processus DtC n'est pas forcément déployé dans sa globalité. Nous scindons le DtC en trois macro-activités (voir Figure 7) :

- * **Gestion des cibles (C)** : activités relatives à la définition et à l'allocation des cibles de coûts ; cela consiste à définir le coût objectif de fabrication d'un appareil, et ensuite de définir des coûts objectifs pour chaque sous-système de l'appareil en allouant le coût global.
- * **Gestion des opportunités de réduction des coûts (O)** : activités relatives à la proposition, l'évaluation d'alternatives de conception permettant de réduire les coûts, ainsi que les décisions relatives à la mise en place ou non de ces alternatives.

- * **Suivi et Pilotage (S)** : activités relatives au suivi de l'atteinte de la cible avec les actions de reporting, de mise à jour des cibles et de pilotage des acteurs pour stimuler l'atteinte des cibles.

Chaque opération est caractérisée par les *types d'activités* DtC mis en oeuvre.



Figure 7 - Types d'activités DtC

III.2 Description des opérations DtC étudiées pour mener l'étude

Nous basons notre étude sur 10 opérations DtC, dont 6 ont été réalisées chez Eurocopter et 4 chez Airbus. Ce sont les opérations jugées comme les plus importantes depuis la création des équipes DtC. Notre mode d'intervention par rapport à ces opérations est de deux types. Lorsque les opérations étaient terminées, nous avons interrogé les acteurs des équipes DtC pour obtenir une description détaillée du déroulement de l'opération. Lorsque nous en avons la possibilité, nous avons été intégrés aux projets DtC pour observer le déroulement de l'opération.

Nous caractérisons ces 10 opérations DtC sur la Figure 8. Pour chaque opération, les dates de début et de fin sont précisées. Le type de projet sur lequel le DtC a été appliqué est précisé (nouvel appareil, amélioration appareil existant ou projet recherche). Le périmètre d'application est précisé (locale sur une partie d'un appareil ou globale sur l'ensemble d'un appareil). Lorsqu'il s'agit du développement d'un nouvel appareil, la phase durant laquelle le DtC a été appliqué est grisée. S'il s'agit d'opérations menées en dehors du développement d'un nouvel appareil, l'activité menée pendant l'opération est précisée. Enfin les types d'activité réalisés pour chaque opération sont grisés (C, S, O).

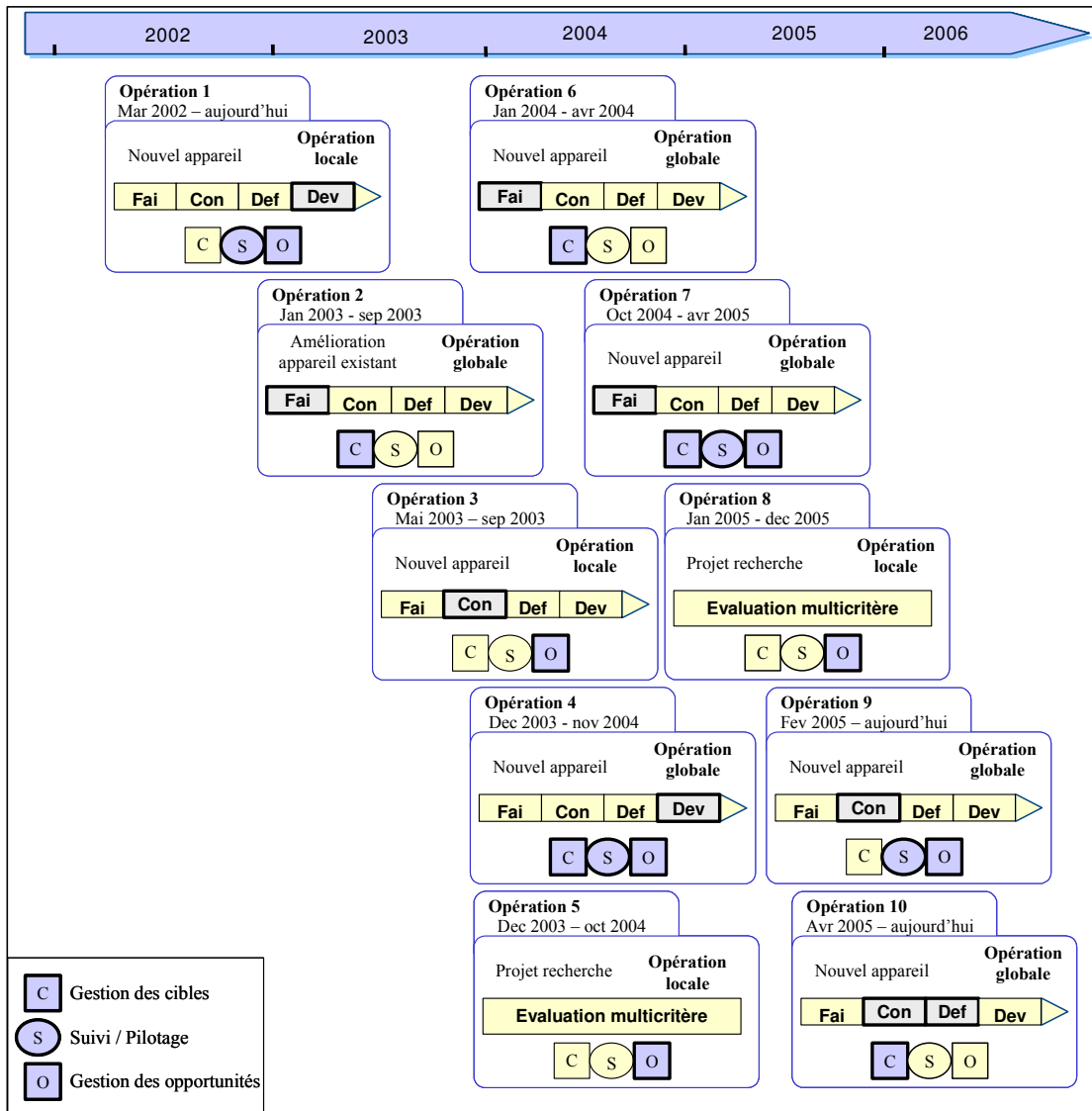


Figure 8 - Opérations DtC menées chez Airbus et Eurocopter

Nous pouvons tout d'abord observer que la durée moyenne d'une opération est d'environ 14 mois et que l'opération la plus courte dure 4 mois, la durée des opérations est donc non négligeable. De plus, on peut voir que l'on a bien un découpage des activités DtC. En effet, sur les opérations 2, 6 et 10, la seule activité ayant été menée est la gestion des cibles. C'est dû soit au fait que le projet a été arrêté, soit au fait que les délais trop courts n'ont pas permis une réelle gestion des alternatives de conception. Les opérations 3, 5 et 8 ont consisté au contraire à mener uniquement l'activité de gestion des opportunités de réduction des coûts. Ceci est principalement dû au fait que le contexte du projet ne permettait pas de fixer de cibles, ce qui n'a pas empêché de chercher des opportunités permettant de réduire les coûts. Enfin, de manière assez logique, nous pouvons observer que l'activité de suivi et pilotage n'est jamais réalisée seule.

Synthèse

La dérive des coûts sur les projets et le manque de « culture coût » (contrairement à une « culture masse » très présente) ont conduit Airbus et Eurocopter à créer deux équipes dont la mission consiste à déployer le Design to Cost. L'objectif des équipes est d'améliorer l'intégration et la maîtrise des coûts en conception. Nous nous intéressons au déploiement de cette méthode dans la conception aéronautique et basons notre étude sur 10 opérations Design to Cost menées chez Airbus ou Eurocopter.

Chapitre 3 : Construction et formulation de la problématique de recherche

Résumé

L'objectif de ce chapitre est de préciser le sujet et le périmètre de nos travaux. Après avoir clarifié les besoins académiques et industriels ayant motivé nos investigations, nous définissons la problématique à laquelle nous souhaitons répondre dans ce mémoire. Nous précisons également le périmètre et les orientations choisis pour notre recherche.

I. Besoins liés à notre recherche

I.1 Besoins industriels

On constate un manque de « culture coût » dans les entreprises aéronautiques, les aspects techniques prenant souvent le pas sur la maîtrise des coûts lors des projets de développements de nouveaux produits. Pour améliorer cette situation, Airbus et Eurocopter ont chacun créé une équipe Design to Cost en 2001. La mission de ces deux équipes est double : améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception. Notre recherche vise à les accompagner dans l'atteinte de ce double objectif.

L'objectif de notre recherche est d'aider les équipes DtC à atteindre leur double objectif :

- * *apporter un support à la maîtrise des coûts sur les projets,*
- * *améliorer l'intégration du paramètre coût en conception.*

I.2 Besoin académique

L'état de l'art réalisé dans le chapitre 4 nous permet d'identifier que la littérature sur la maîtrise des coûts en conception aborde peu la problématique de l'intégration du coût dans les entreprises et plus particulièrement en conception. De même, dans le chapitre 5, l'état de l'art réalisé sur l'intégration d'un nouveau paramètre en conception souligne que les articles traitant de l'intégration du paramètre coût sont peu nombreux.

Ainsi, la maîtrise des coûts en conception et l'intégration du coût comme paramètre prépondérant de la conception ne sont pas abordés simultanément dans la littérature. Nous étudions donc chaque aspect séparément pour ensuite construire une problématique globale.

II. Problématique de recherche

II.1 Améliorer la maîtrise des coûts en conception

Nous définissons dans le chapitre 4 le processus standard Design to Cost tel qu'il est décrit dans la littérature. A partir de ce processus, nous réalisons une cartographie des dysfonctionnements associés à la maîtrise des coûts en conception (Chapitre 6). Cette cartographie est présentée comme un résultat mais elle nous a également aidé à préciser l'objet de notre étude. En effet, nous avons classé les dysfonctionnements en trois classes : ceux liés au métier DtC, ceux liés au contexte projet et enfin, ceux liés aux interactions entre les acteurs. Nous choisissons de nous concentrer sur les problématiques liées au métier DtC car ce sont les dysfonctionnements pour lesquels nous avons le plus de leviers d'action et qui nous permettront de mettre en place d'éventuelles solutions.

La problématique associée au premier objectif de notre recherche est la suivante : Quelles pratiques Design to Cost pour améliorer la maîtrise des coûts en conception ?

II.2 Améliorer l'intégration du coût en conception

L'état de l'art sur l'évolution des pratiques de conception par l'intégration d'un nouveau paramètre (chapitre 5), nous permet de proposer la définition suivante : *l'amélioration de l'intégration des coûts en entreprise, consiste à élever le degré d'importance du coût dans la stratégie de l'entreprise, la conception et les connaissances ou compétences.*

Cet état de l'art nous a également permis d'identifier les dimensions qui ont une influence sur l'intégration d'un domaine (voir Tableau 13). Pour préciser la problématique de recherche, nous identifions les dimensions que nous souhaitons modifier pour améliorer l'intégration des coûts. Ces dimensions sont grisées dans le Tableau 13.

Démarche	Auteur	Cellule spécialisée ⁸	Projet	Entreprise
Apprentissages croisés	[DE TERSSAC G. <i>et al.</i> , 1996]	Mettre à disposition des acteurs projet des connaissances exploitables	Expérimenter les méthodes sur les projets.	
Intégration d'une nouvelle méthode en conception	[PERRIN-BRUNEAU F., 2005]	Mettre en œuvre une stratégie de changement (changement imposé, négocié, participatif) pour provoquer l'appropriation individuelle de l'outil	Mettre en œuvre une stratégie de démonstration pour valoriser la méthode sur les projets	Mettre en œuvre une stratégie de diffusion (question du mode d'introduction de la méthode) pour harmoniser les pratiques collectives
Intégration de l'environnement (généralisée aux autres paramètres)	[MILLET D., 2003]	Créer une connaissance pour justifier l'expertise de l'équipe spécialisée	Création d'une nouvelle pratique du paramètre à intégrer en conception	Création de nouvelles valeurs directrices et de nouveaux schémas d'apprentissage

Tableau 7 – Dimensions pour favoriser l'intégration d'un nouveau domaine en conception

Les dimensions relatives à l'entreprise ne sont pas sélectionnées car elles ne font pas partie des objectifs de notre recherche. De plus, nous ne disposons pas de suffisamment de leviers d'action pour jouer sur ces dimensions. La dimension relative à la stratégie de changement n'est pas sélectionnée car dans notre cas le changement est déjà amorcé et les équipes Design to Cost sont déjà en place.

Ainsi nous identifions deux dimensions principales permettant aux entités DtC de participer à l'amélioration de l'intégration du coût :

- * valorisation des connaissances de la cellule spécialisée auprès des acteurs,

⁸ La cellule spécialisée correspondra ici à l'équipe DtC.

* progression par l'application de la méthode sur les projets.

La problématique associée au deuxième objectif de notre recherche est la suivante : Comment valoriser l'expertise DtC auprès des acteurs projet et progresser en DtC par l'application de la méthode sur les projets ?

II.3 Formulation de la problématique de recherche

En nous basant sur la reformulation des problématiques associées à chacun des objectifs, nous formulons notre problématique de recherche de la façon suivante :

Quelles pratiques DtC pour améliorer la maîtrise des coûts en conception, valoriser l'expertise DtC auprès des acteurs projet et progresser à travers l'application sur les projets ?

III. Orientation de l'étude

III.1 Périmètre de recherche

Nous rappelons dans ce paragraphe les aspects définis dans le chapitre 1 visant à définir le périmètre de recherche. Ce périmètre a été adapté en fonction des priorités et intérêts accordés aux différents aspects du déploiement du DtC par les deux équipes. En effet, l'étude étant demandée par Airbus et Eurocopter, nous avons considéré que notre périmètre de recherche est le plus petit dénominateur commun entre les activités des deux équipes. Nous considérons donc que **l'évaluation des coûts** et la **définition de la cible produit** sont des activités réalisées par des entités externes⁹, ces activités **ne font pas l'objet de notre étude**.

Le DtC est appliqué soit en interne, soit en collaboration avec les fournisseurs. Nous nous intéressons dans notre étude au premier cas de figure, c'est à dire à **l'application du DtC en interne**.

Comme nous l'avons vu, les équipes DtC d'Airbus prennent en compte les coûts récurrents et l'équipe DtC Eurocopter, les coûts récurrents et les coûts de maintenance. Nous nous concentrons sur les **coûts récurrents**.

Enfin, il n'existe aujourd'hui pas d'expérience des équipes DtC en phase série du développement d'un nouvel appareil, nous nous intéressons donc à l'application du DtC sur les phases projet suivantes : **Faisabilité, Conception, Définition et Développement**.

III.2 Orientation des résultats de recherche

L'état de l'art sur l'évolution des pratiques de conception par l'intégration d'un nouveau paramètre nous permet d'identifier trois axes de recherche ; il s'agit des aspects relevant des outils et méthodes de travail, de la création des connaissances ainsi que du management des organisations

⁹ Voir Chapitre 2 : chez Airbus, les activités d'évaluation des coûts et de définition de la cible produit sont réalisées par une entité autre que le DtC.

[JACQUESON L., 2002]. Nous ne traitons pas dans notre étude la problématique liée au management des organisations.

Notre approche consiste à améliorer les méthodes et outils DtC en nous concentrant sur la gestion des connaissances (aspect peu traité par les équipes DtC).

L'état de l'art sur les méthodes de maîtrise des coûts nous permet d'identifier deux domaines :

- * les méthodes et outils,
- * les pratiques managériales.

Lorino [LORINO P., 2003] souligne que ces deux aspects doivent être pris en compte simultanément pour que le DtC soit efficace. Cependant nous nous concentrons dans notre étude sur l'aspect « méthodes et outils »¹⁰, et nous souhaitons définir un processus DtC permettant d'améliorer simultanément la maîtrise et l'intégration des coûts en conception. Ce même état de l'art nous permet également de différencier trois activités principales liées au déploiement du DtC : la gestion des cibles, la gestion des opportunités de réduction des coûts et le suivi et pilotage. Les délais de notre recherche ne nous permettent pas d'outiller et d'expérimenter l'ensemble du processus DtC. Nous nous concentrons donc sur la phase de gestion des opportunités. Nous avons vu dans le chapitre 2 que l'équipe Airbus n'est pas responsable de l'allocation des cibles donc la phase d'allocation des cibles a été écartée. De plus, notre proposition est basée sur l'exploitation des connaissances et c'est pour la phase de gestion des opportunités que les connaissances exploitables pour notre expérimentation étaient les plus nombreuses.

¹⁰ Les méthodes et outils sont les principaux leviers d'action des équipes DtC, les pratiques managériales étant principalement appliquées par l'équipe de management du projet.

IV. Synthèse

La démarche de formulation de notre problématique est synthétisée sur la Figure 9.

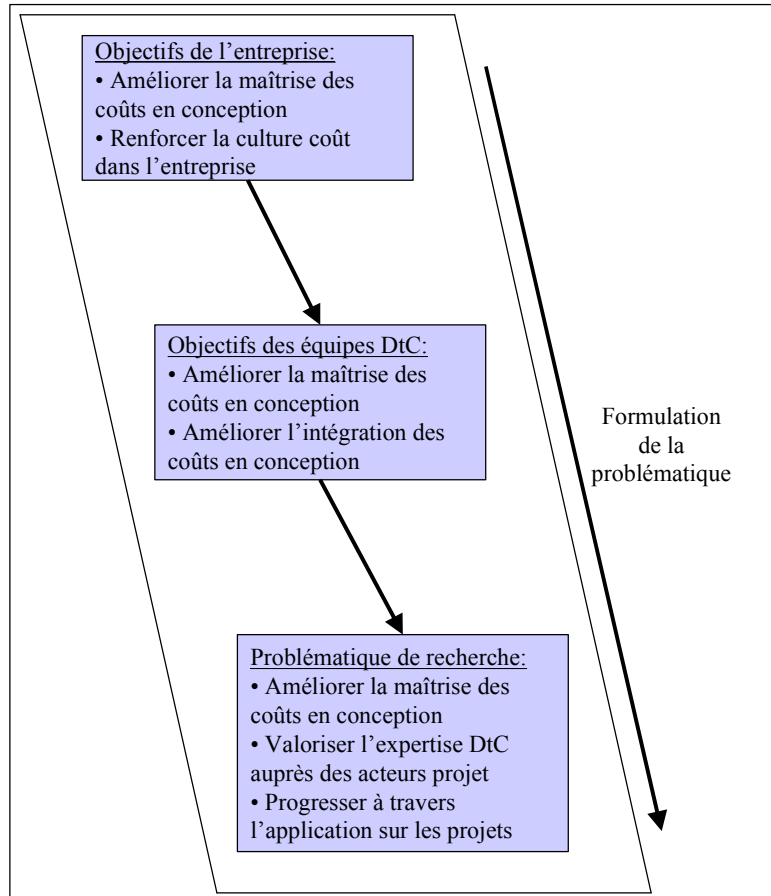


Figure 9 - Formulation de la problématique de notre recherche

La problématique de recherche à laquelle nous nous intéressons dans ce mémoire est la suivante : *Quelles pratiques DtC pour améliorer la maîtrise des coûts en conception, valoriser l'expertise DtC auprès des acteurs projet et progresser à travers l'application sur les projets ?* Notre approche vise à améliorer les méthodes et outils DtC en nous concentrant sur la gestion des connaissances (aspect peu traité par les équipes DtC).

Deuxième partie – Analyse de l'existant

Avant-propos

Les articles traitant simultanément la maîtrise des coûts en conception et l'intégration du coût dans l'entreprise sont peu nombreux. Nous avons donc choisi de réaliser un état de l'art pour chacun de ces deux thèmes.

Chapitre 4 : Etude de la littérature sur la maîtrise des coûts en conception

Résumé

Nous présentons dans ce chapitre les résultats de l'état de l'art relatif à la maîtrise des coûts en conception. Nous listons les principales méthodes et outils cités dans la littérature, puis nous proposons un modèle de processus standards pour le déploiement de la maîtrise des coûts en conception.

I. Introduction

La littérature sur les méthodes de maîtrise des coûts se divise en deux parties : les méthodes et outils et les pratiques managériales. Il est important de souligner que ces deux parties sont nécessaires à l'efficacité de la maîtrise des coûts.

Lorino [LORINO P., 2003] souligne l'importance de ces pratiques en comparant les cas de Toyota et d'une entreprise Z (voir Tableau 8). Le Target Costing (TC) s'avère efficace chez Toyota mais pas dans l'entreprise Z. Pourtant, les deux entreprises utilisent les outils nécessaires à la mise en place du TC. Cela s'explique par le fait que Toyota consacre beaucoup d'énergie au déploiement des méthodes managériales, ce qui n'est pas le cas de l'entreprise Z.

Toyota	Z
Estimations et cibles partagées par toutes les fonctions concernées	Estimations et cibles calculées distinctement par chaque fonction
Estimations et cibles utilisées pour un dialogue économique entre fonctions	Estimations et cibles utilisées par chaque fonction de manière séparée
Coûts utilisés à des fins de pilotage de la conception	Coûts utilisés à des fins de contrôle des fonctions aval
Préoccupation partagée d'apprentissage collectif	Préoccupations séparées de délimitation de responsabilités
Vision du marché et du client	Vision interne
Elaboration progressive du savoir dans le temps avec mémorisation	Perte de mémoire à chaque étape
Recherche collective du succès	Positionnement individuel par rapport à l'échec
Fardeau de l'optimisation réparti	Fardeau de l'optimisation rejeté sur l'aval
Relations coopératives	Relations antagonistes

Tableau 8 - Comparaison des pratiques de Toyota et d'une entreprise Z (issu de [LORINO P., 2003], p. 310)

Dans l'entreprise Z, l'application de chaque outil vise avant tout à se protéger de la non atteinte des cibles par les fonctions situées en aval.

La norme sur la Conception pour un Coût Objectif (CCO) souligne également l'importance des méthodes de management pour la réussite de la CCO. Celle-ci doit être soutenue par un échange continu d'informations et des actions coordonnées entre donneurs d'ordres et contractants ou entre contractants et sous-traitants [NF EN 12973, 2000].

Nous avons vu dans le chapitre 3 que nous concentrons notre étude sur les méthodes et outils. Cependant, nous ne pouvons pas occulter totalement l'aspect managérial, nous étudierons donc à la fin de ce chapitre les principes fondamentaux relatifs à l'aspect managérial des méthodes de maîtrise des coûts.

II. Méthodes et outils pour la maîtrise des coûts en conception

Nous présentons dans ce chapitre les méthodes et outils existants et visant à maîtriser les coûts en conception. Leurs fonctionnalités peuvent être classées dans les catégories suivantes :

- * gestion des cibles de coût,
- * gestion des opportunités de réduction des coûts,
- * pilotage et suivi.

II.1 Gestion des cibles de coût

Ce paragraphe traite de la notion de *cible* ou d'*objectif* inhérent au pilotage de la conception par les performances. La norme sur la Conception à Objectif Désigné (COD) [NF X50-156, 2003] définit un objectif comme un « *niveau prédéterminé pour une performance donnée dont l'obtention est déclarée prioritaire par rapport à celle d'autres performances et caractéristiques du produit à concevoir et à réaliser* ».

Dans la CCO, le coût cible est défini comme un « *objectif relatif au coût du produit final dans des conditions données de réalisation* » [NF EN 1325-1, 1996]. Il représente la cible économique recherchée pour affronter le marché [BELLUT S., 2002].

Dans le Target Costing, le *coût-cible* fait partie du coût objectif au même titre que le *coût-plafond* [LORINO P., 1994]. Le coût cible est un objectif intermédiaire et doit être atteint à la fin du processus de conception/développement par l'optimisation de la conception, cette optimisation est appelée target costing. L'écart entre le coût cible et le coût-plafond doit être comblé par les gains continus de performance en production, cette amélioration continue des coûts est appelée le *kaizen costing*. Le coût-plafond est donc plus ambitieux que le coût cible. Meyssonier [MEYSSONNIER F., 2001] souligne les divergences de pratiques relativement à la notion de coût cible ; ainsi dans l'approche Nissan le coût cible est l'équivalent du coût-plafond cité précédemment, alors que dans l'approche Toyota, le coût cible est un objectif intermédiaire.

Nous identifions 4 types de cibles (voir Tableau 9) :

- * le prix objectif du système sur le marché,
- * la cible de coût du système communiqué en interne à l'entreprise (obtenue en soustrayant la marge attendue de l'entreprise au prix marché),
- * la cible de coût d'un sous-système (issue de l'allocation de la cible système) communiquée à une équipe de conception en interne,
- * la cible de coût demandée à un fournisseur (que nous ne traitons pas dans notre étude car nous nous concentrons sur le déploiement du DtC en interne).

	Interne	Externe
Système	Cible de coût système	Prix objectif marché
Sous-systèmes	Cible de coût sous-système en interne	Cible de coût sous-système fournisseur

Tableau 9 - Types de cibles de coût

II.1.1 Questionnements préalables sur la notion de cible

La notion de cible ou d'objectif mène à trois questionnements :

- * *Qu'est-ce qu'une bonne cible ?* La définition de la cible est très délicate car elle doit être suffisamment ambitieuse pour pousser les concepteurs à se poser des questions qu'ils ne sont pas amenés à se poser dans un processus normal ; elle doit cependant être suffisamment réaliste pour ne pas être source de démotivation. On retrouve souvent dans la littérature cette notion d'objectif ambitieux voire agressif mais réaliste. Barrault propose un exemple de cible agressive [BARRAULT D., 2000] : un objectif de coût agressif pourrait être un objectif de niveau système réalisable avec une probabilité de 25%.
- * *Une cible doit-elle être négociée ?* Selon Lorino [LORINO P., 2003], les cibles doivent résulter d'une négociation avec les acteurs qui s'engagent sur l'atteinte des cibles ; les outils d'allocation des cibles servent à accompagner la discussion mais en aucun cas ne la remplacent.
- * *Une fois fixée, une cible doit-elle être renégociable ?* Deux visions s'opposent sur cette question ; ainsi Cooper et Slagmulder [COOPER R. et al., 1999] insistent sur la rigidité de la cible chez Nissan, celle-ci ne peut être modifiée sauf si des changements radicaux interviennent au niveau des spécifications du produit. Cela amène le chef de projet à se doter presque systématiquement d'une marge de sécurité lui permettant de s'assurer de l'atteinte de l'objectif de coût. Au contraire, pour le développement de la Twingo chez Renault [MIDLER C., 1993], les cibles n'étaient pas rigides mais leur modification devait être justifiée par un impact positif sur d'autres paramètres, cela faisait l'objet de négociations. Il n'existe donc pas de consensus sur la réponse à cette question. Notons qu'elle est d'autant plus pertinente dans le domaine Aéronautique, puisque le cycle de développement d'un produit est long et que les exigences peuvent varier.

Nous présentons ci-dessous les méthodes proposées dans la littérature ou utilisées dans les entreprises pour fixer et déployer ces cibles.

II.1.2 Méthodes de définition des cibles systèmes

a) *Prix objectif du système sur le marché*

Cette question est principalement traitée par la littérature sur le target costing puisque pour les autres méthodes le prix objectif du système est une donnée d'entrée. La fixation de ce prix objectif se fait principalement par une étude du marché et plus particulièrement selon les trois dimensions suivantes :

- * analyse des attentes client et plus particulièrement des fonctions pour lesquelles le client est prêt à payer,
- * identification du positionnement visé par l'entreprise,
- * benchmark : comparaison du système à développer aux produits de la compétition ayant les mêmes caractéristiques principales.

b) *Cible de coût du système communiqué en interne à l'entreprise*

On distingue deux types d'approche pour définir le coût objectif, l'approche de type marketing et l'approche basée sur une analyse technico-économique du produit à concevoir [BELLUT S., 2002].

L'approche marketing est basée sur cette formule bien connue dans la littérature sur le target costing [LORINO P., 1994] :

$$\text{Coût objectif du système} = \text{Prix objectif sur le marché} - \text{Marge attendue par l'entreprise}$$

L'analyse technico-économique peut être réalisée dès qu'un prédimensionnement de solution est envisagé, elle se base sur des estimations détaillées des produits existants ; les cibles de coût sont le plus souvent définies par des méthodes paramétriques [APGAR H., 2002]. Dès que les principaux descripteurs techniques d'un produit sont connus en avant-projet, une modélisation paramétrique est faite et les cibles sont allouées.

La cible finale peut résulter de la confrontation des objectifs calculés par ces deux méthodes. Le coût objectif (CO) résultant de l'approche technico-économique est alors comparé à celui résultant de l'approche marketing et les ajustements éventuels doivent se faire [BELLUT S., 2002]. Trois cas se présentent en pratique :

- * l'approche marketing recoupe l'approche technico-économique et le CO est arrêté ;
- * l'approche marketing donne un résultat supérieur à celui du calcul technico-économique. Après vérification, c'est en général l'approche technico-économique qui est retenue (cette approche est plus concrète que l'approche marketing) ;
- * l'allocation marketing est notoirement inférieure au calcul technico-économique. Après vérification, les concepts techniques envisagés sont remis en cause.

II.1.3 Méthodes d'allocation des cibles

Un objectif ne permet pas un management efficace s'il reste au niveau global produit sans être traduit à des niveaux plus élémentaires où le pilotage est possible. Il faut donc décomposer le coût cible système sur ses sous-systèmes constitutifs (voire sur les composants individuels du produit), c'est ce que Lorino appelle le déploiement des cibles [LORINO P., 1994]. Horvath (cité par Lorino) propose deux méthodes pour le déploiement des cibles: la décomposition organique et la décomposition fonctionnelle.

a) Décomposition organique

La cible est éclatée sur les sous-ensembles du produit. Le déploiement de la cible se fait à partir des connaissances relatives à chaque sous-ensemble et à partir d'une estimation des gisements de gain de coût. Cette méthode n'est plus applicable si les caractéristiques fondamentales du produit sont modifiées puisque la décomposition en sous-ensemble n'est plus valide.

Swenson [SWENSON D. *et al.*, 2003] donne un exemple de décomposition organique en décrivant les pratiques de Caterpillar sur un produit. La direction a fixé la cible à 94,6% du coût d'un produit existant, créant un écart de 5,4%. L'allocation se fait en trois étapes.

1. Dans un premier temps une équipe multidisciplinaire est formée. Son rôle est d'identifier les gains possibles en utilisant les nouvelles technologies disponibles ou en remplaçant certaines pièces par d'autres. Les modifications avec leur impact sont identifiées et le gain de coût calculé. Il est de 4,6% (voir Figure 10).

	Current Costs	Projected Savings	Adjusted Costs	Explanation of Known Adjustments
Assembly	5.4%	1.5%	3.9%	Efficiency improvements due to redesigning sheet metal, as documented on current production models.
Cab	7.9	.8	7.1	Replace current cab with the "Classy Cab." PF quote already received.
Engine	8.6	.7	7.9	Cost estimate from Engineering for switching to different configuration.
Hydraulics	19.1	1.6	17.5	New pump design.
Power Train	12.0	0	12.0	
Structures	20.0	0	20.0	
Linkage	18.0	0	18.0	
Other	<u>9.0</u>	<u>0</u>	<u>9.0</u>	
Total	100.0%	4.6%	95.4%	

Figure 10 - Modification du produit existant [SWENSON D. *et al.*, 2003]

2. Pour gagner les 0,8% restant, le déploiement s'est fait en fonction de chaque sous-ensemble du produit. Le questionnaire de la Figure 11 est rempli avec les responsables de chaque sous-ensemble. Le questionnaire contient 10 questions permettant de vérifier que les coûts sont effectivement optimisés. Le questionnaire est rempli par chaque groupe de travail. Chaque réponse positive indique une opportunité de réduction de coût et est représentée par un 1. Une réponse négative

est représentée par un 0. Les 0,8% restant sont alors alloués proportionnellement au nombre de réponses positives pour chaque sous-ensemble.

	Assembly	Cab	Engine	Hydraulics	Power Train	Structures	Linkage	Other	TOTAL
1. Are there more than five suppliers from whom you can purchase materials?	0	0	0	1	1	1	1	0	
2. Are you more costly than best-in-class supplier (either Caterpillar or non-Caterpillar)?	0	0	0	1	0	0	0	0	
3. Do you plan to survey your supplier cost breakdown?	0	0	0	1	0	0	1	0	
4. Is the current manufacturing process younger than two years?	0	0	0	1	0	0	0	0	
5. Does labor represent more than 40% of your total cost?	0	0	1	1	0	0	1	0	
6. Is your "unit setup cost/total unit cost" ratio greater than 5%?	0	0	1	1	0	0	0	0	
7. Do you see potential for material specification changes?	0	0	0	1	0	0	0	0	
8. Do you see potential for tolerance loosening?	0	0	0	1	0	0	1	0	
9. Does the current family of parts contain nonapproved parts?	0	0	0	1	0	1	1	0	
10. Can the current design or manufacturing processes be subjected to emerging innovative technologies?	0	0	0	1	0	0	0	0	
Total	0	0	2	10	1	2	5	0	20
Relative Proportions	0%	0%	10%	50%	5%	10%	25%	0%	100%
Distribution of .8% in Cost Reduction	.0%	.0%	.08%	.40%	.04%	.08%	.20%	.0%	.80%

*Yes = 1; No = 0

Figure 11 - Questionnaire utilisé chez Caterpillar pour le déploiement des cibles [SWENSON D. *et al.*, 2003]

3. Enfin, la cible pour chaque sous-ensemble est calculée par addition des résultats des deux premières étapes. Chaque sous-ensemble se voit alloué une cible de gain.

b) Décomposition fonctionnelle

Cette méthode consiste à allouer des coûts objectifs pour les principaux éléments constitutifs en raisonnant fonctionnellement. Cela revient à attribuer à chaque fonction réalisée par le système, une part du CO système [BELLUT S., 2002]. Les données issues des projets précédents doivent permettre de connaître le coût d'une fonction¹¹. Elles doivent être structurées pour passer d'une décomposition des coûts en pièces à une décomposition en fonctions. Cette décomposition en fonctions part du postulat que l'histogramme des coûts par fonction dans un projet est en relatif conservé tant qu'il n'y a pas de rupture technologique. Notons que cette méthode est quoiqu'il en soit plus robuste que la décomposition organique car le coût par fonctions est assez stable, même en envisageant des décompositions organiques différentes. Dans le cas où l'entreprise ne disposerait d'aucune référence,

¹¹ Cette méthode est particulièrement efficace lorsqu'il n'y a pas de rupture technologique

il peut être fait appel à la notion d'importance relative attachée par l'utilisateur à la réalisation de chaque fonction attendue dans le système.

Les fonctions sont alors décomposées sur les composants proportionnellement à l'importance de chaque composant dans la réalisation de la fonction. Cela permet d'obtenir le poids que devrait avoir chaque composant dans le coût du produit. Lorino [LORINO P., 2003] donne un exemple de la *matrice du target costing* (dans le cas où il n'y a pas de rupture technologique) permettant la décomposition décrite ci-dessus (voir Tableau 10).

Les étapes de réalisation de cette matrice sont les suivantes :

- * évaluer l'importance relative de chaque fonction,
- * pour chaque fonction, évaluer l'importance relative de chaque composant,
- * pour chaque composant, faire la somme de sa participation à la réalisation des fonctions, pondérée par l'importance des fonctions.

	F1	F2	F3	F4	F5	Total
Degré d'importance des fonctions :	0,2	0,13	0,31	0,07	0,29	1,00
Composant C1		57	24		12	18,3
Composant C2	38	13		39	25	19,2
Composant C3	51	08	48		34	36
Composant C4	11	22	28	61	29	26,5
Total	100	100	100	100	100	100

Tableau 10 - Matrice du target costing [LORINO P., 1994]

Les composants sur lesquels il faut travailler sont ceux dont le poids en terme de coût est très supérieur à leur poids dans la réalisation des fonctions (dernière colonne du Tableau 10).

II.1.4 Stratégie de communication des cibles

Une fois les cibles allouées, il reste encore une étape indispensable : communiquer les cibles afin de les faire accepter par les personnes qui seront chargés de les atteindre. Il existe peu de description de cette étape dans la littérature. Il s'agit en fait de l'aspect managérial de la gestion des cibles. Cet aspect ne peut être occulté puisqu'il est possible que l'allocation des cibles soit cohérente et que pourtant les cibles soient refusées. Un échec autour de la communication des cibles peut entraîner un échec de la maîtrise des coûts en conception. L'adhésion aux cibles est en effet un pré requis pour la réussite de ce processus.

La stratégie de communication pose les questions suivantes : qui communique les cibles ? quelles informations fournir pour justifier l'allocation ? quelles modalités de communication (une réunion par cible ou une réunion globale où toutes les cibles sont communiquées simultanément) ? Il n'existe pas de réponse précise à ces questions dans la littérature, la stratégie de communication doit en effet être adaptée au contexte du projet et à son organisation.

II.1.5 Proposition d'un processus de gestion des cibles

L'étude de la littérature nous a permis d'identifier un processus standard de gestion des cibles (voir Figure 12). Ce processus va constituer notre grille de lecture pour l'analyse des pratiques chez Airbus et Eurocopter. Nous allons identifier les dysfonctionnements liés à la gestion des cibles dans ces deux entreprises, par l'analyse de l'écart du processus déployé sur les opérations DtC avec le processus standard.

Nous considérons dans notre étude que la cible système est une donnée d'entrée du processus DtC donc nous ne définissons pas d'étape pour sa définition. L'allocation des cibles est donc réalisée à partir de la cible produit¹², des informations projets et des méthodes d'allocation. Une fois l'allocation réalisée, celle-ci est validée ou non par la hiérarchie. Si elle n'est pas validée, l'allocation est refaite en adaptant une des trois données d'entrée. Si l'allocation est validée, les cibles sont alors communiquées aux acteurs concernés avec la stratégie de communication identifiée comme ayant les plus grandes chances de succès. Notons que cela n'exclut pas une participation des acteurs responsables de l'atteinte des cibles à leur fixation. Le processus de gestion des cibles est terminé lorsque les acteurs responsables des cibles les ont acceptées.

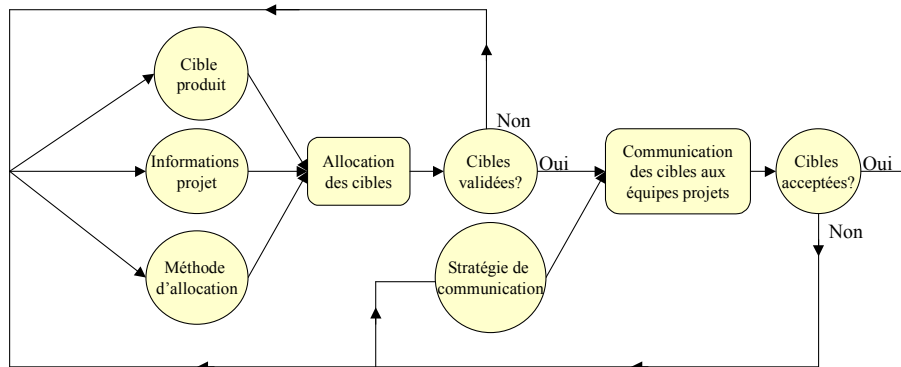


Figure 12 – Synthèse d'un processus de gestion des cibles d'après la littérature

II.2 Gestion des opportunités de réduction des coûts

Une fois que les cibles sont allouées et acceptées, les équipes projet doivent proposer des opportunités de réduction des coûts permettant de les atteindre. Nous étudions dans ce paragraphe les méthodes et outils proposés dans la littérature et utilisés dans les entreprises pour résorber l'écart entre le coût estimé et la cible. Ils sont présentés selon l'activité qu'ils assurent :

- * création d'opportunités de réduction des coûts,
- * gestion d'un portefeuille d'opportunités,
- * évaluation des impacts liés à la mise en place d'une opportunité,
- * décisions relatives à la mise en place des opportunités.

Pour évaluer ces opportunités, les classer et choisir la plus pertinente, le décideur a besoin d'évaluer chacune des alternatives selon chacun des critères de choix retenus et qui représentent les objectifs à atteindre, et d'évaluer globalement chacune de ces alternatives selon l'ensemble des critères [ELHAMDI M. *et al.*, 2006].

II.2.1 Création d'opportunités de réduction des coûts

Il y a en général un écart entre la cible et le coût estimé du système en conception. Pour résorber cet écart, des équipes multidisciplinaires analysent les exigences techniques du système, ses fonctionnalités et le processus de production afin d'identifier des opportunités de réduction des coûts [SWENSON D. *et al.*, 2003]. Nous présentons ici les trois principaux outils décrits dans la littérature pour mener cette analyse.

a) *Analyse de la valeur*

Comme le rappelle Lorino, la plupart des auteurs considèrent que le principal outil pour optimiser la conception est l'analyse de la valeur [LORINO P., 1994]. Les méthodes de type Analyse Fonctionnelle ou Analyse de la Valeur sont des méthodologies de résolution de problèmes industriels, c'est à dire qu'elles donnent des guides pour appréhender et agir dans la complexité [YANNOU B., 1998]. La norme européenne [NF EN 1325-1, 1996] définit l'Analyse de la valeur (AV) comme une « démarche créative et organisée utilisant un processus de conception fonctionnel et économique dont le but est d'augmenter la valeur d'un sujet AV ». L'analyse de la valeur est une méthode de conception des produits et services permettant d'assurer l'adéquation entre le besoin de l'utilisateur et le produit ; mais plus encore, c'est une méthode efficace de résolution des problèmes dans l'entreprise permettant de dégager des axes stratégiques tout en impliquant fortement les personnels dans la recherche des voies de solution [GLADE M., 2005].

La philosophie des méthodes de pilotage par les coûts est de rationaliser les fonctions proposées par un produit et de ne fournir que les fonctions principales (à moins que des fonctions secondaires soient explicitement demandées par les clients) [MICHAELS J. V. *et al.*, 1989]. Ainsi, l'AV est une analyse systématique des fonctions pour identifier celles qui peuvent être réalisées à moindre coût (sans sacrifier les caractéristiques et performances sur le cycle de vie) [COLEMAN R. L., 1998].

b) *Quality Function Deployment*

Le Quality Function Deployment (QFD) est une approche matricielle permettant de clarifier les attentes client et de les traduire en caractéristiques techniques pour chaque étape de la conception et de la fabrication. Cette méthode vise à traduire la *voix du consommateur* (sous forme d'attributs critiques) en *cibles de conception* (sous forme de spécifications) [GAUTIER F., 1997]. Cette démarche est utilisée assez largement dans les entreprises [TAKAYUKI A., 2003]. L'objectif de cette approche est de concentrer les coûts sur les parties valorisées par les consommateurs.

¹² cible globale pour le système

c) *Design For Manufacturing*

Le Design For Manufacturing (DFM) est un processus induit par l'ingénierie simultanée qui consiste à prendre en compte les aspects liés à la phase de production du produit dès les phases amont du développement du produit. Cette méthode vise à optimiser les relations entre matériaux, technologies de production, processus d'assemblage, fonctionnalités et coûts [COLEMAN R. L., 1998]. Grâce à cette méthode, les coûts de fabrication sont réduits par une diminution des erreurs d'assemblage et par une augmentation de la fiabilité.

Chez *DaimlerChrysler*, des sessions de travail sont menées par des équipes multidisciplinaires (entre 5 et 30 personnes) où les participants réalisent des brainstormings, résolvent des problèmes et améliorent des opérations [SWENSON D. *et al.*, 2003]. Le DFM est appliqué lors du processus de conception avant que le premier prototype soit fabriqué. Il vise essentiellement à évaluer l'efficacité de la conception relativement aux opérations d'assemblage. Les principaux résultats liés à l'application de la méthode sont une diminution des problèmes d'assemblage, et une augmentation de la fiabilité des véhicules.

d) *Conclusion*

Les méthodes et outils cités précédemment sont utilisés plus ou moins tôt dans le processus de conception. Ainsi, les outils comme l'AV ou le QFD sont utilisés plutôt pour l'optimisation de la conception (phase amont), et le DFM est en général utilisé plus tard, dès la fabrication du premier prototype.

II.2.2 Gestion d'un portefeuille d'opportunités

Sur un projet, il est possible que plusieurs centaines d'opportunités de réduction des coûts soient proposées. Il existe donc des outils visant à faciliter la gestion du portefeuille d'opportunités. En effet, le processus de maturation des opportunités doit être piloté pour s'assurer que les études seront menées jusqu'au bout. Dans ce contexte, le cabinet McKinsey donne un exemple de processus de maturation. Avant sa mise en place effective, une opportunité passe par les stades décrits ci-dessous [MCKINSEY OPERATIONS EFFECTIVENESS GROUP, 2000] :

- * Identifiée : le contenu de l'opportunité est expliqué
- * Évaluée : les impacts économiques et la faisabilité technique de l'opportunité sont évalués
- * Approuvée : mise en place approuvée par toutes les entités impactées
- * Négociée : contrat négocié avec le fournisseur (si nécessaire)
- * Mise en place : application de l'opportunité avec quantification des impacts constatés en terme de coût, de performance et de délais.

Ce processus est outillé par une base permettant le suivi de chaque alternative. Le processus permettant de passer d'une étape à une autre est en général spécifié en début de projet.

II.2.3 Evaluation des impacts liés à la mise en place d'une opportunité

Pour sélectionner les opportunités les plus pertinentes, le décideur a besoin d'évaluer chacune des alternatives selon chacun des critères de choix retenus, puis de les évaluer globalement [ELHAMDI M., 2005]. Dans cette partie, nous nous concentrons sur l'estimation des coûts et des risques. Il est cependant important de préciser que l'évaluation des impacts d'une opportunité ne porte pas uniquement sur ces deux paramètres. En effet, les performances, la fabricabilité, la maintenabilité, la recyclabilité sont autant de paramètres qui peuvent être impactés et par conséquent doivent être également évalués. La décision reposera sur un compromis sur l'ensemble de ces paramètres.

a) *Evaluation des coûts*

L'évaluation des coûts est un pré requis à la maîtrise des coûts en conception. Il permet non seulement d'évaluer les impacts des opportunités proposées mais aussi de calculer l'écart entre le coût estimé et le coût objectif [WILLIAMSON B., 1994].

Ce type d'approche est très documenté et outillé et ne fait pas l'objet principal de notre étude ; les méthodes proposées se regroupent en trois classes :

- * *Méthodes analogiques* : la méthode analogique repose sur une comparaison entre les fonctions que doit remplir le produit (définies dans le cahier des charges fonctionnel) et les fonctions réalisées par les produits existants (dont le coût est connu). Cette comparaison se matérialise par la détermination d'un coefficient d'analogie qui exprime l'évaluation de l'estimateur quant à la ressemblance entre le nouveau projet et l'ancien. Le principal avantage de la méthode analogique est sa rapidité et son faible coût de mise en oeuvre. Par contre, elle implique que les comparaisons entre le projet et les réalisations passées soient pertinentes. Cela implique également que le projet ne soit pas fondamentalement différent des réalisations passées, dans sa conception technique et dans la conception des processus de production et de support logistique [GLADE M., 2005].
- * *Méthodes paramétriques* : les méthodes paramétriques peuvent être utilisées durant une grande partie du cycle de développement du produit mais sont principalement utilisées en amont lorsque les informations disponibles pour l'estimation sont peu nombreuses. Ce type de méthode est basé sur une corrélation entre le coût du produit et les caractéristiques quantifiables du produit (masse, dimensions, puissance) à partir d'une analyse des produits existants. Ainsi, l'évaluation est d'autant plus fiable que le produit estimé est proche des produits passés. Le principal avantage lié à cette méthode réside dans sa rapidité d'application.
- * *Méthodes analytiques* : Les méthodes analytiques requièrent une connaissance relativement précise du produit à fabriquer puisqu'elles se basent sur une décomposition du produit (ou de son processus de fabrication) en composants élémentaires (ou en tâches de

fabrication). Le coût de chaque élément est alors estimé et la somme donne l'estimation du coût du produit. Ce type de méthode requiert des données précises sur la constitution du produit (ou sur son processus de fabrication) et ne peut donc pas être appliqué durant les phases amont de la conception [BELLUT S., 1990].

La qualité de l'estimation dépend grandement des données disponibles lorsque l'évaluation est réalisée [CROW K., 2004]. Le choix de la méthode doit donc être adapté aux informations disponibles en quantité et en qualité ainsi qu'à la phase du projet durant laquelle l'évaluation est réalisée.

b) Evaluation des risques

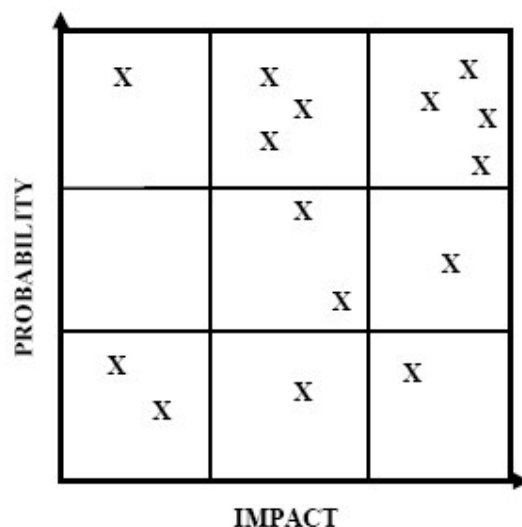
Deux types de risque doivent être pris en compte lors de l'évaluation des impacts d'une opportunité de réduction des coûts. Les premiers sont ceux associés aux évaluations, les deuxièmes sont les risques résultant de la mise en place d'une opportunité.

- * *Risqués liés aux évaluations* : les évaluations sont réalisées a priori, elles sont prédictives et certains événements peuvent entraîner une modification de cette évaluation. Pour chaque impact, les risques dont l'apparition peut modifier la valeur de l'évaluation doivent être identifiés et évalués. Ainsi le décideur ne base pas son choix sur une valeur qui a peu de chances d'être atteinte. Dans le domaine du chiffrage, la notion d'intervalle de confiance permet de tendre vers une prise en compte des risques associés à l'évaluation des coûts.
- * *Risques résultant de la mise en place d'une opportunité* : certains risques peuvent être associés à la mise en place d'une opportunité de réduction des coûts. L'identification des risques peut s'appuyer sur la typologie proposée par Meisl *et al.* [MEISL P. *et al.*, 2004] dans le cadre du « Radar Cost Model » (Tableau 11).

Catégories de risques	Note du risque (0=faible, 5=moyen, 10=très fort)				
	0	1-2	3-5	6-8	9-10
1. Degré de nouveauté	Déjà fait	Nouveauté minimale	Nouveauté modeste	Nouveauté significative	Nouvelle technologie
2. Avancement du développement	Terminé (testé et certifié)	Prototype réalisé	Définition réalisée	Conception détaillée réalisée	Concepts définis
3. Fiabilité	Historiquement forte pour le même composant	Historiquement forte pour des composants similaires	Problèmes légers identifiés	Problèmes sérieux identifiés	Inconnue
4. Fabricabilité	Production et rendement évalués sur le même composant	Production et rendement évalués sur des composants similaires	Production et rendements faisables	Production possible mais rendement problématique	Pas d'expérience de production connue
5. Solution alternative	Existe et disponibilité facile	Existe et disponibilité légèrement problématique	Solution alternative en cours de développement	Solution alternative en cours de conception	Pas de solution alternative
6. Délais	Facilement respectables	Respectables	Légèrement ambitieux	Ambitieux	Très ambitieux

Tableau 11: Typologie de risques

Pour les deux types de risques, la matrice de risque (Figure 13) permet le classement et l'évaluation des risques ; l'évaluation est basée sur la probabilité d'occurrence du risque et la gravité de l'impact en cas de réalisation. Les risques situés en haut à droite de la matrice de risque sont donc ceux qui doivent être traités prioritairement.

Figure 13 - Matrice de risque [KAYE M. A. *et al.*, 2000]

II.2.4 Décisions relatives à la mise en place d'une opportunité

Une fois que les opportunités sont identifiées et que leurs impacts sont évalués, une décision relative à leur application doit être prise. En général, une alternative ne surclasse pas une autre sur tous les points de vue, un compromis doit donc être fait. Nous présentons dans ce paragraphe les notions présentées dans la littérature sur la maîtrise des coûts en conception pour aider à la réalisation de compromis (dans ce document, nous ne rentrons pas dans le détail de l'aide à la décision multicritère).

La méthodologie Cost As an Independent Variable (CAIV) introduit la notion de *paramètres clés de performance* (KPP : Key Performance Parameter). Les KPP cités le plus fréquemment sont les performances, le coût sur le cycle de vie, les risques et les délais [APGAR H., 2002]. Les KPP sont identifiés et pour chaque paramètre une valeur objective et une valeur seuil sont définies. La valeur seuil est la valeur minimale acceptable nécessaire pour satisfaire le besoin de l'utilisateur. La non-atteinte de cette valeur seuil peut entraîner une remise en cause du projet. Le nombre de paramètres identifiés comme paramètres-clés doit être limité.

Les valeurs seuils de ces KPP définissent l'espace de solutions acceptables, on parle alors d'*espace d'échange* (« trade space ») (voir Figure 14) [SNODGRASS A., 2001]. Dans la norme sur la Conception à Objectifs Désignés (COD), on parle de *zone d'acceptation* c'est le « *domaine de performance acceptable pour chacun des objectifs majeurs exploitable pour la satisfaction d'un objectif désigné* » [NF X50-156, 2003].

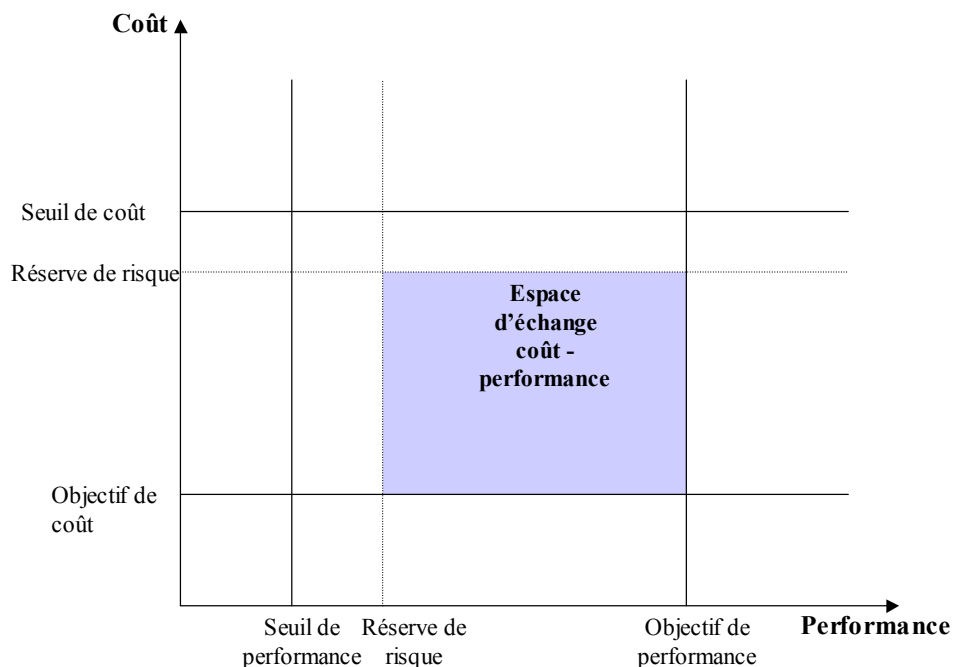


Figure 14 - Espace d'échange coût-performance

Une autre notion est introduite afin de faciliter les compromis associés à la prise de décision. Il s'agit du *taux d'échange*, cette notion est introduite dans la littérature sur la CCO et la CAIV [BRAXTON P., 1999]. Bellut [BELLUT S., 2002] définit le taux d'échange comme « *la somme que l'on*

est prêt à dépenser pour améliorer d'une unité la performance considérée ou inversement ce qu'il faut économiser pour justifier la réduction unitaire de la performance. Il s'exprime donc sous la forme : $\delta\text{coût}/\delta\text{performance}$ ». Ces taux d'échange doivent être fixés au début de l'étude par le demandeur. Soit ils traduisent le comportement de la clientèle dans le cas d'un produit grand public, soit ils proviennent de choix stratégiques pour les produits hautement technologiques avec un marché très flou. Cette notion de compromis est également abordée dans la COD, avec la définition de *règles d'arbitrage*. Les règles d'arbitrage sont des « *relations spécifiées qui définissent les termes d'échanges entre les objectifs majeurs désignés* » [NF X50-156, 2003].

Le courant de recherche du « Decision-based Design » ou « aide à la décision appliquée à la conception » généralise ces notions de taux d'échange en théorisant notamment les modèles d'agrégation de préférences (ou de satisfactions ou d'utilités) par combinaisons par forcément linéaires des performances contributrices. Des méthodes comme la théorie de l'utilité-valeur attendue sont utilisées afin de combiner l'ensemble des critères qui influent sur la satisfaction des parties prenantes.

II.2.5 Conclusion : Processus de gestion des opportunités de réduction des coûts

L'étude de la littérature nous a permis d'identifier un processus standard de gestion des opportunités (voir Figure 15). Ce processus constituera notre grille d'analyse du processus de gestion des opportunités chez Airbus et Eurocopter.

Une fois les cibles allouées, des opportunités de réduction des coûts sont proposées à l'aide de méthodes ou outils de créativité et en se basant sur les informations projet. Ces opportunités sont ensuite évaluées et les décisions relatives à leur mise en place sont prises. La décision finale peut alors être appliquée. Pour gérer un nombre important d'opportunités, il existe des méthodes et outils apportant un support à la gestion d'un portefeuille d'opportunités.

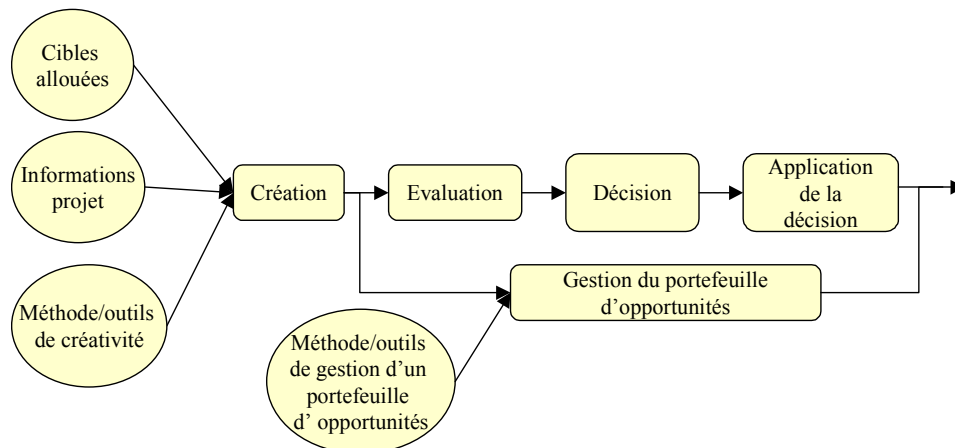


Figure 15 – Synthèse d'un processus de gestion des opportunités de réduction des coûts d'après la littérature

II.3 Suivi et pilotage

Une fois les objectifs clairement définis, il est important de faire un suivi/pilotage rapproché de l'avancement du projet, pour piloter l'atteinte des cibles. L'étape de suivi et pilotage peut être divisée en deux parties :

- * la mesure de la situation : donnant une représentation de la situation,
- * le pilotage : analyse de la situation mesurée et prise de décisions adéquates.

II.3.1 Mesure de la situation

Un schéma de suivi est une représentation de la réalité. Le schéma doit être clair et synthétique pour permettre un pilotage efficace de l'atteinte des objectifs de coût. C'est en effet un élément identifié comme critique par Kaye [KAYE M. A. *et al.*, 2000]. Le suivi peut se faire selon plusieurs dimensions : la dimension temporelle, l'écart à la cible, le nombre d'opportunités proposées, la partie appareil concernée.

La méthode *Earned Value Management System* (EVMS) se focalise sur le suivi de l'avancement d'un projet. Cette méthode permet de mesurer l'avancement de certains projets. Cette approche propose de vérifier en permanence trois dimensions : ce qui est prévu, ce qui a été fait et ce que cela a coûté. Mais ce type d'approche n'est pas utilisé pour le suivi de méthodes de type Design to Cost. Ceci est dû au fait qu'avec les méthodes de type Design to Cost, on connaît la cible à atteindre à la fin du projet (une cible de coûts à atteindre en un temps fixé) mais on ne connaît pas la courbe à suivre pour atteindre cette cible.

La Figure 16 représente le schéma de suivi utilisé lors d'un projet mené dans une entreprise du secteur automobile. Ce type de schéma permet de suivre pour une partie appareil donnée: l'avancement dans le temps, l'atteinte de la cible et la proposition d'opportunités de réduction des coûts.

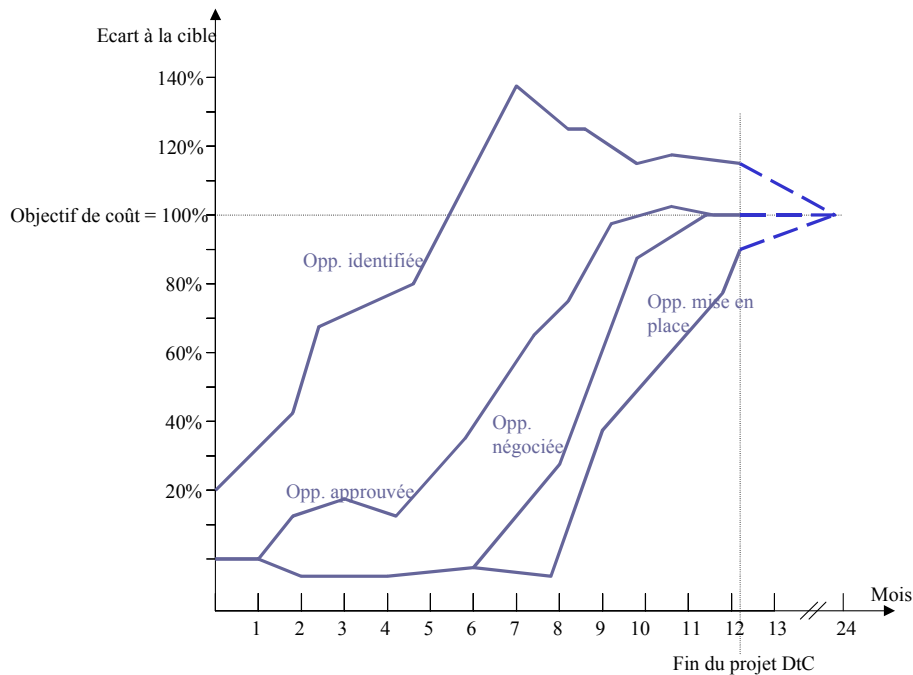


Figure 16 - Exemple de schéma de suivi [MCKINSEY OPERATIONS EFFECTIVENESS GROUP, 2000]

Les opportunités passent par trois stades de maturation avant d'être mises en place : elles sont identifiées, approuvées, puis négociées. On peut voir sur la Figure 16 que si toutes les opportunités identifiées avaient été mises en place, les résultats de l'opération DtC auraient été meilleurs que ce qui était exigé par la cible de coût. Cependant, l'étude des opportunités en rend certaines inapplicables donc la cible n'a pas été dépassée mais elle a été atteinte.

Le problème n'est pas spécifique au suivi des coûts. Aujourd'hui, les concepteurs de systèmes se trouvent relativement dépourvus dans les premières phases de conception (définition de l'architecture organique ou phase descendante du cycle en «V») pour savoir s'ils vont dans la bonne direction (représentée par le Cahier des Charges) pour les différentes alternatives envisagées de système [YANNOU B. *et al.*, 2002]. La méthode SPEC traite ce problème et permet d'effectuer un suivi de l'adéquation d'une solution (produit/processus) à son cahier des charges à tout moment du projet, en faisant apparaître des indicateurs de risques [CHEVENIER C. *et al.*, 2001]. Elle a été développée au sein du laboratoire Productique Logistique de l'École Centrale Paris (voir [YANNOU B. *et al.*, 2000] pour une description détaillée). Cette méthode prend en compte l'incertitude inhérente aux premières phases de la conception pour proposer des indicateurs de suivi (en satisfactions et risques) et des moyens de reconception/optimisation s'appuyant sur un modèle de satisfaction des parties prenantes du système/projet.

SPEC est basée sur une modélisation et un enrichissement (en terme de quantification des spécifications notamment) de l'expression fonctionnelle du besoin (EFB décrite par exemple dans un Cahier des Charges fonctionnel CdCF) d'un produit/projet. Cet enrichissement inclut un modèle de satisfaction attaché à l'EFB où des pondérations de critères entachées d'incertitude sont considérées

(ce sont des modèles particuliers du « decision-based design »). A tout moment, sont mises en regard de cette EFB enrichie, des alternatives de solutions en cours de développement ayant par conséquent des performances évaluées avec une incertitude que l'on peut quantifier. L'adéquation des deux débouche sur un tableau de bord projet qui, pour chaque solution, estime la probabilité de satisfaction relative à chaque fonction et la probabilité de satisfaction globale relative au projet, à un moment donné du déroulement de celui-ci¹³. Des indicateurs de risques sont également proposés pour chaque fonction ou pour le projet en entier ; est considéré le risque de ne pas aboutir à une satisfaction acceptable en fin de projet. Ainsi, la méthode permet d'appréhender des risques couplés produit/projet et de prendre des décisions entre alternatives de conception sur les bases du quadriptyque : performances, coûts, délais et risques.

II.3.2 Pilotage

Une fois la réalité représentée par le schéma de suivi, il faut en faire une interprétation. La définition d'indicateurs pertinents permet d'aider à l'analyse de la situation et donc à la prise de décision. Les indicateurs peuvent servir à mesurer de nombreux paramètres, comme l'avancement de l'atteinte de la cible ou l'efficacité des initiatives de réduction des coûts. Les indicateurs aident à mesurer la criticité¹⁴ de la situation (Existe t'il une forte probabilité que les cibles soient atteintes dans les délais impartis ?).

L'interprétation des schémas de suivi est un domaine peu abordé dans la littérature relative à la maîtrise des coûts en conception. Certains schémas de suivi (voir Figure 16) sont proposés mais leur interprétation n'est pas outillée, il existe donc un manque relatif à cet aspect.

II.3.3 Conclusion : Processus de suivi et pilotage

L'étude de la littérature nous a permis de définir un processus standard de suivi et pilotage (voir Figure 17) faisant le lien entre les cibles de coût et les opportunités de réduction des coûts. Ce processus constituera notre grille d'analyse du processus de suivi et pilotage chez Airbus et Eurocopter.

¹³ A un moment donné du déroulement d'un projet, on a une plus ou moins grande incertitude sur les performances relatives à une solution de conception étudiée.

¹⁴ la criticité d'une situation est la probabilité d'atteindre les cibles de coûts dans les délais imposés

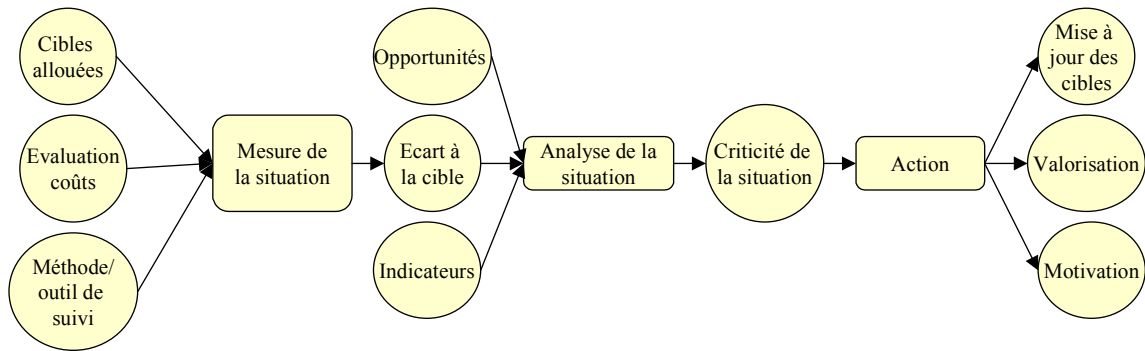


Figure 17 - Suivi et pilotage

La situation est mesurée à partir des cibles, de l'évaluation des coûts et des méthodes/outils de suivi. L'analyse de la situation est réalisée à partir des opportunités proposées et elle permet de calculer sa criticité. Cette analyse peut être intuitive ou orientée par la définition d'indicateurs. Enfin, en fonction de la criticité de la situation, des actions sont mises en œuvre (mise à jour des cibles, valorisation des acteurs ayant été efficaces dans la proposition d'opportunités de réduction des coûts ou motivation des acteurs pour qu'ils proposent d'avantage d'opportunités de réduction des coûts).

II.4 Conclusion

Notre état de l'art sur les méthodes et outils permettant la maîtrise des coûts en conception est synthétisé par la Figure 18.

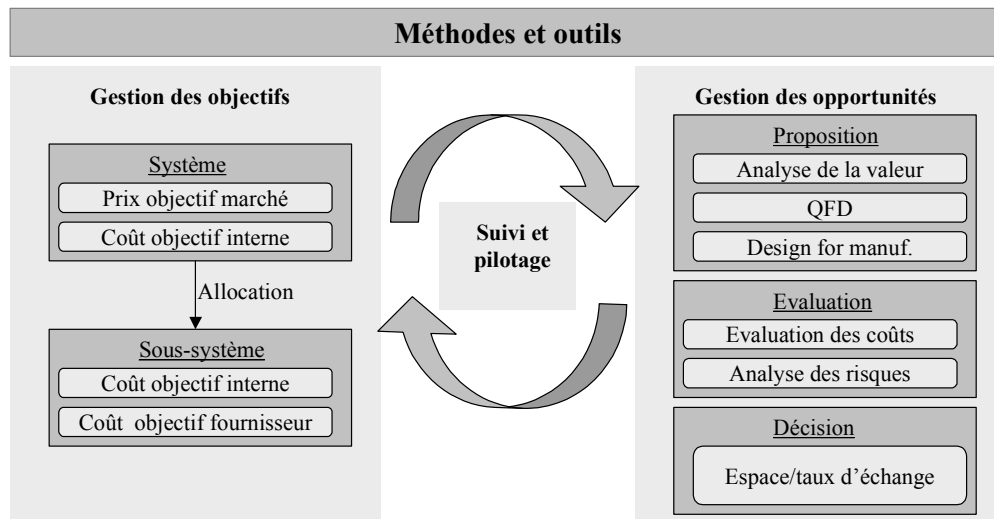


Figure 18 – Représentation des méthodes et outils liés au pilotage par les coûts

Cet état de l'art nous a permis de définir des processus standards pour la gestion des cibles, la gestion des opportunités de réduction des coûts, ainsi que pour le suivi et le pilotage. Nous avons également identifié plusieurs méthodes permettant de maîtriser les coûts en conception.

De plus, il est important de noter que les processus identifiés n'introduisent pas la notion de gestion des connaissances. Il n'existe quasiment pas d'outils visant à capitaliser et réutiliser dans un contexte de maîtrise des coûts en conception les connaissances générées sur des projets antérieurs.

III. Pratiques managériales associées à la maîtrise des coûts : brève revue de la littérature

Le succès de la maîtrise des coûts requiert une adhésion et une participation des acteurs impliqués. Une non-adhésion pourrait entraîner une rétention d'information, la préservation de marges de sécurité ou encore la dissimulation de dysfonctionnements et d'échecs [LORINO P., 1994]. C'est la raison pour laquelle nous insistons dans ce paragraphe sur les pratiques managériales. Notre étude de la littérature sur ce sujet est synthétisée sur la Figure 19.

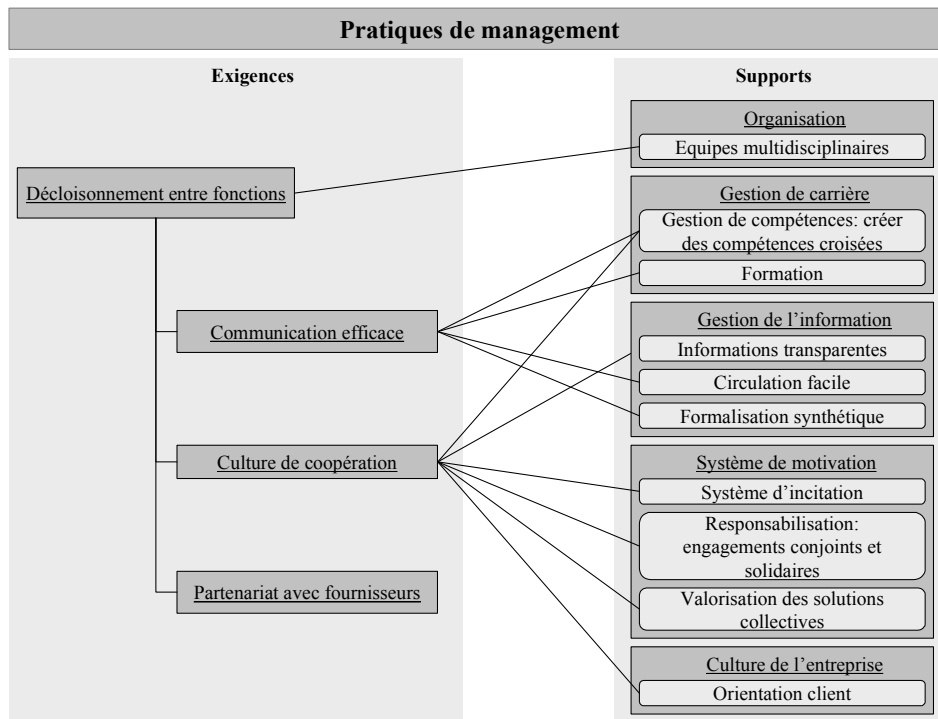


Figure 19 – Synthèse des pratiques managériales associées au pilotage par les coûts

L'objectif de méthodes comme le target costing (TC) est d'optimiser globalement le produit. Comme l'explique Lorino [LORINO P., 1994] « la nécessité de mobiliser simultanément des compétences techniques, marketing et économiques exige un décloisonnement efficace entre fonctions, notamment entre marketing et développement et entre concepteurs et producteurs ». Le décloisonnement entre les fonctions passe par :

- * Une meilleure communication entre les fonctions : pour assurer une bonne communication, il faut tout d'abord un langage commun aux acteurs participant au déploiement du TC. L'échange d'information doit se faire sous une forme claire et lisible.

Enfin, il peut être pertinent de créer des compétences croisées pour assurer une meilleure compréhension des dimensions technico-économiques du TC.

- * Une coopération permanente : afin d'optimiser le produit globalement par rapport à des cibles imposées par le marché, une coopération permanente est indispensable. Cela passe par de nouveaux modes de responsabilisation, de motivation, de contractualisation voire de gestion de carrières.
- * La mise en place de partenariats avec les fournisseurs (que nous n'abordons pas dans notre étude) : L'Afnor [NF X50-156, 2003] utilise le terme de *partenariats à objectif* pour désigner les partenariats *gagnant-gagnant* essentiels à la réussite de la COD. Ces partenariats doivent obéir à des règles de transparence et d'éthique.

Les pratiques managériales utilisées pour répondre à ces exigences sont les suivantes :

- * Equipes multidisciplinaires : La notion d'équipe multidisciplinaire est largement soulignée par la littérature. Dans le CAIV les équipes multidisciplinaires sont appelées IPT (Integrated Product Team).
- * Gestion de carrière efficace pour créer des compétences croisées (émergence de profils technico-économique)
- * Gestion de l'information : il convient de créer un vocabulaire commun aux différentes fonctions de l'entreprise et de faire en sorte que les informations nécessaires à la maîtrise des coûts soient accessibles et transparentes.
- * Système de motivation : Coleman [COLEMAN R. L., 1998] définit les systèmes d'incitation comme des récompenses ou des processus qui motivent des individus ou des organisations à agir dans une direction souhaitée. Ces systèmes d'incitation peuvent s'adresser aux acteurs (individuellement), aux sous-traitants, aux projets ou aux organisations.
- * Culture de l'entreprise : Comme le souligne Lorino [LORINO P., 1994], cela exige la construction d'un nouveau système de valeurs dans lequel plutôt que de valoriser les performances individuelles, on valorise l'apprentissage collectif et la coopération.

Synthèse

Deux aspects sont importants pour une maîtrise des coûts réussie : les méthodes/outils et les pratiques managériales. Nous étudions en détail les méthodes/outils et définissons à partir de la littérature un processus standard de maîtrise des coûts en conception. Le processus est divisé en trois étapes : gestion des cibles, gestion des opportunités de réduction des coûts et suivi/pilotage. Pour chacune de ces trois étapes, nous étudions les méthodes et outils pouvant être utilisés.

Chapitre 5 : Evolution des pratiques de conception par l'intégration d'un nouveau paramètre

Résumé

Ce chapitre est un rapide état de l'art sur l'intégration d'un nouveau paramètre en conception et sur l'évolution des pratiques en conception. Nous utilisons cet état de l'art pour préciser la signification de la problématique liée au second objectif de nos travaux : améliorer l'intégration des coûts en conception.

Nous avons vu dans les chapitres 1 et 2 que les objectifs de l'équipe DtC consistent à améliorer la maîtrise des coûts en conception et à améliorer l'intégration du paramètre coût en conception. Nous avons précisé dans le chapitre 4 la notion de maîtrise des coûts, nous nous intéressons ici à la notion d'intégration des coûts. L'objectif de ce chapitre est double :

- * définir le terme suivant : « améliorer l'intégration du paramètre coût en conception »,
- * identifier les dimensions qui ont une influence sur l'intégration du paramètre coût.

Nous nous intéressons donc à la littérature sur l'intégration d'un nouveau domaine et nous étudions plus particulièrement :

- * la notion d'apprentissage organisationnel car selon Jacqueson [JACQUESON L., 2002] « *intégrer un nouveau domaine s'accompagne nécessairement de changements à tous les niveaux de l'entreprise et donc implicitement d'autant d'apprentissages* » ;
- * la démarche d'intégration de nouvelles méthodes en conception proposée dans les travaux de thèse de Perrin-Bruneau [PERRIN-BRUNEAU F., 2005] ;
- * les démarches permettant d'intégrer un nouveau domaine en conception (nous prenons l'exemple de l'intégration de la dimension environnementale qui est la plus documentée).

I. Evolution des pratiques en conception : apprentissage organisationnel

La conduite du changement doit permettre d'assurer une restructuration collective ; ceci passe par la mise en place d'un contexte favorable à l'apprentissage collectif. Jacqueson définit l'apprentissage comme « *une activité cognitive, qui permet à la personne de remettre en cause et de proposer une alternative à l'activité initialement proposée* ».

Bodoc distingue trois courants relatifs à l'apprentissage organisationnel [BODOC A., 2002] :

- * Le *courant d'apprentissage organisationnel de Argyris et Schön* : Argyris [ARGYRIS C. et al., 1978] fait la distinction entre apprentissage en simple boucle et apprentissage en double boucle. Dans un contexte de conception, l'apprentissage en double boucle signifie que non seulement les paramètres de conception doivent être changés (apprentissage en simple boucle) mais que la manière de concevoir doit également être revue. Perrin-Bruneau [PERRIN-BRUNEAU F., 2005] souligne que pour modifier les pratiques en conception, il est nécessaire de faire évoluer les pratiques individuelles de chacun afin de générer des pratiques collectives basées sur une vision partagée du produit.

- * Le *courant d'apprentissage organisationnel de Levitt et March* : Ces auteurs distinguent deux types d'apprentissage : celui où l'organisation apprend de sa propre expérience (direct expérience), et celui où l'organisation apprend par transfert d'expériences vécues par d'autres organisations.
- * Le *modèle des apprentissages croisés* : Hatchuel dans [DE TERSSAC G. *et al.*, 1996] construit le modèle des apprentissages croisés pour parler de la dynamique des connaissances dans l'action coopérative. La création de connaissance est issue de la confrontation des savoirs du concepteur et de l'opérateur, engendrant un enrichissement mutuel. Hatchuel introduit la notion de *rapport de prescription*. Il utilise le terme d'organisation dès qu'il y a deux acteurs : un opérateur¹⁵ et un prescripteur. Le modèle des apprentissages croisés porte sur l'interaction de deux apprentissages : celui de l'opérateur qui cherche, dans la mesure du possible, à atteindre la prescription qui lui est faite et celui du prescripteur qui, par retour de la part de l'opérateur, apprend si les hypothèses qu'il a faites sont bonnes ou pas.

Le modèle des apprentissages croisés est particulièrement adapté au cas où une cellule spécialisée (prescripteur) doit pousser les acteurs projets (opérateurs) à appliquer la méthode qu'elle propose. Nous retenons deux exigences relatives au succès de l'apprentissage croisé : la mise à disposition des acteurs projet de connaissances exploitables et l'expérimentation des méthodes sur les projets.

II. Evolution des pratiques collectives par l'intégration de nouvelles méthodes en conception

Perrin-Bruneau [PERRIN-BRUNEAU F., 2005] s'intéresse à l'évolution des pratiques collectives par l'intégration de nouvelles méthodes en conception, qui selon elle soulève trois problématiques (voir Figure 20) :

- * Appropriation individuelle de l'outil : il s'agit de « *l'appropriation du changement et de l'objet du changement, à travers l'adaptation de la nouvelle organisation aux préoccupations et tâches des futurs utilisateurs* ». La mise en œuvre d'une **stratégie de définition** de l'outil en provoque une appropriation individuelle. La stratégie de définition pose la question du mode de changement (imposé, négocié, participatif).
- * Harmonisation des pratiques collectives : il s'agit de « *la diffusion, l'harmonisation et l'homogénéisation du changement et des nouvelles pratiques collectives sur l'ensemble de l'entreprise à travers la mise en œuvre de structures élaborées et le déploiement de*

¹⁵ Le terme d'opérateur désigne celui qui doit respecter la prescription qui lui est faite. Cette distinction entre prescripteur et opérateur ne tient pas compte de la spécialisation des acteurs ou du groupe professionnel auquel ils appartiennent.

campagne de communication et de formation ». La mise en œuvre d'une **stratégie de diffusion** permet l'harmonisation des pratiques collectives au niveau global de l'organisation. La stratégie de diffusion pose la question du mode d'introduction de la méthode (locale ou frontale, horizontale ou verticale).

- * Valorisation de la méthode sur des projets : dans le cas de l'intégration d'une nouvelle discipline et d'une nouvelle méthode, il s'agit de la valorisation de cette discipline ou de la méthode par l'expérimentation. La mise en œuvre d'une **stratégie de démonstration** génère une valorisation de la méthode sur les projets de l'entreprise. La stratégie de démonstration pose la question du mode d'application de la méthode (simulation sur des cas passés, application sur des cas pilotes, compromis entre les deux).

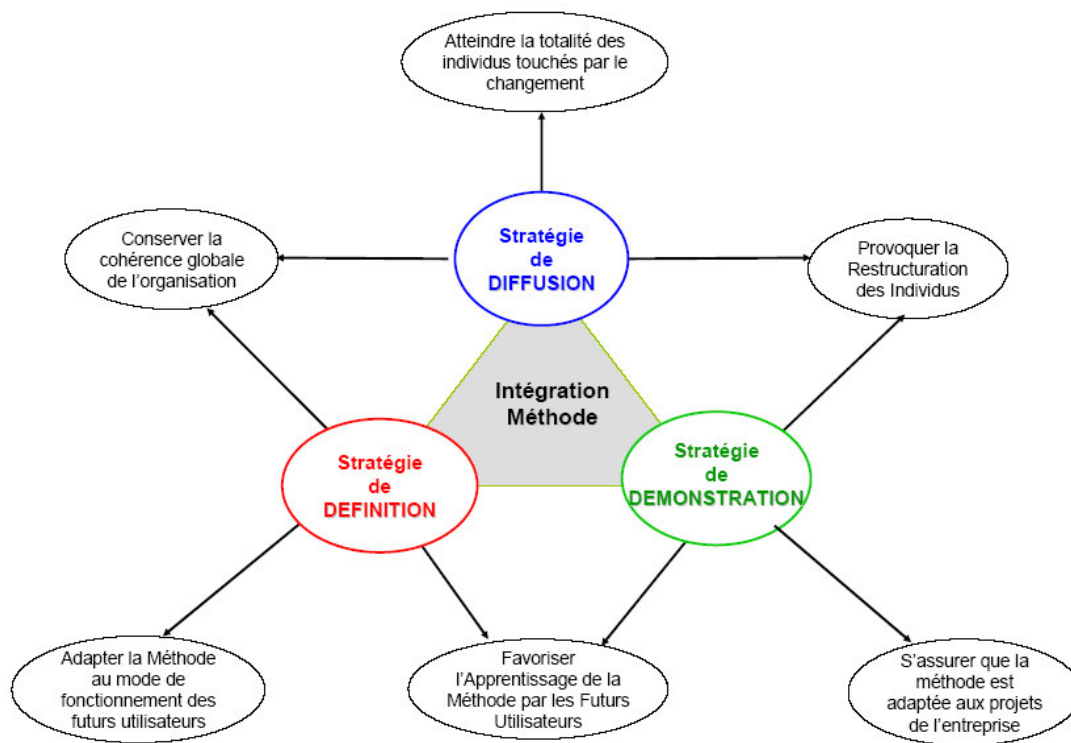


Figure 20 - Objectifs d'une stratégie d'intégration d'une nouvelle méthode en conception [PERRIN-BRUNEAU F., 2005]

III. Exemple de l'intégration de la dimension environnementale

L'intégration du coût est peu abordée dans la littérature sur l'intégration d'un nouveau domaine. Nous avons choisi de nous intéresser à l'intégration de l'environnement qui est un domaine largement étudié, entre autre par une équipe de recherche de l'ENSAM sous la direction de A. Aoussat et D. Millet.

Jacqueson [JACQUESON L., 2002] distingue deux grandes catégories de méthode pour intégrer l'environnement en conception : « l'une, très outillée et misant principalement sur des moyens

techniques et l'autre plus orientée vers la formation des personnels et misant sur leur connaissances pour résoudre ces nouveaux problèmes ».

Dans son ouvrage, Millet [MILLET D., 2003] propose trois vecteurs d'intégration de la dimension environnementale (voir Tableau 12), qui impactent avec une intensité différente, à la fois le produit, le processus de conception et l'entreprise. L'auteur souligne que ces trois vecteurs d'intégration doivent être introduits simultanément pour intégrer le domaine de l'environnement en conception.

	Instrument d'évaluation environnementale spécialisé pour l'acteur environnement	Démarche d'éco-conception partagée par l'équipe de conception	Support pour une organisation apprenante
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> * influence positive sur le déroulement du processus de conception par l'acteur environnement * mise à disposition de l'acteur environnement d'un outil d'évaluation environnementale 	<ul style="list-style-type: none"> * diffusion de la problématique environnementale au sein de l'équipe de conception * répartition de l'intervention environnementale sur l'ensemble du processus de conception 	<ul style="list-style-type: none"> * création d'un processus d'apprentissage global autour de la dimension environnementale * génération de nouvelles connaissances environnementales * émergence de nouvelles valeurs pro-environnementales dans l'entreprise
Apports	<ul style="list-style-type: none"> * transformation du statut de l'environnement * création d'une expertise interne en générant de nouvelles connaissances 	<ul style="list-style-type: none"> * émergence d'une pratique partagée de l'environnement au sein de l'équipe de conception * remise en cause plus profonde du produit sur le plan environnemental 	<ul style="list-style-type: none"> * transformation consciente, cohérente et responsable de l'entreprise
Limites	<ul style="list-style-type: none"> * déconnexion entre la cellule environnement et l'équipe de conception * faible remise en cause du produit sur le plan environnemental 	<ul style="list-style-type: none"> * alourdissement de la charge de travail au niveau de l'entreprise * suscitation d'oppositions et de résistances au changement 	<ul style="list-style-type: none"> * mise en œuvre difficile par sa dimension exploratoire et multi-acteurs

Tableau 12 - Méthode d'intégration de la dimension environnementale en conception (basé sur [MILLET D., 2003])

Les trois vecteurs d'intégration de l'environnement sont la création d'une connaissance environnementale, la création d'une nouvelle pratique de l'environnement en conception, la création de nouvelles valeurs directrices dans l'entreprise [MILLET D., 2003].

L'intégration de l'environnement en entreprise nécessite de prendre en compte les aspects relevant des outils et méthodes de travail, de la création et de l'apprentissage ainsi que du management des organisations [JACQUÉSON L., 2002].

Enfin selon Le Pochat, l'intégration de la dimension environnementale en entreprise passe par la définition par l'entreprise de sa propre stratégie d'éco-conception, la modification de son processus

de conception, la création de connaissances environnementales et l'acquisition de compétences [LE POCHAT S., 2005].

IV. Conclusion

Nous adaptons les propos de Le Pochat [LE POCHAT S., 2005] pour définir l'amélioration de l'intégration des coûts : *L'amélioration de l'intégration des coûts en entreprise, consiste à élever le degré d'importance du coût dans la stratégie de l'entreprise, la conception et les connaissances / compétences.*

Nous synthétisons dans le Tableau 13, les dimensions qui influencent l'intégration d'un nouveau paramètre. Ces dimensions sont classées en trois niveaux : la cellule spécialisée, le projet (ou la conception) et l'entreprise.

Démarche	Auteur	Cellule spécialisée	Projet	Entreprise
Apprentissages croisés	[DE TERSSAC G. <i>et al.</i> , 1996]	Mettre à disposition des acteurs projet des connaissances exploitables	Expérimenter les méthodes sur les projets.	
Intégration d'une nouvelle méthode en conception	[PERRIN-BRUNEAU F., 2005]	Mettre en œuvre une stratégie de changement (changement imposé, négocié, participatif) pour provoquer l'appropriation individuelle de l'outil	Mettre en œuvre une stratégie de démonstration pour valoriser la méthode sur les projets	Mettre en œuvre une stratégie de diffusion (question du mode d'introduction de la méthode) pour harmoniser les pratiques collectives
Intégration de l'environnement (généralisée aux autres paramètres)	[MILLET D., 2003]	Créer une connaissance pour justifier l'expertise de l'équipe spécialisée	Création d'une nouvelle pratique du paramètre à intégrer en conception	Création de nouvelles valeurs directrices et de nouveaux schémas d'apprentissage

Tableau 13 – Dimension pour favoriser l'intégration d'un nouveau domaine en conception

Synthèse

L'étude de la littérature sur les apprentissages organisationnels, l'intégration d'une nouvelle méthode en conception et l'intégration de l'environnement nous permettent de définir l'amélioration de l'intégration des coûts et de lister les principales dimensions qui influencent l'intégration d'un nouveau paramètre.

L'amélioration de l'intégration des coûts en entreprise, consiste à élever le degré d'importance du coût dans la stratégie de l'entreprise, la conception et les connaissances / compétences.

Chapitre 6 : Les pratiques DtC chez Airbus et Eurocopter

Résumé

Nous réalisons dans ce chapitre un état des lieux relatif à la mise en place du DtC au sein des projets Airbus et Eurocopter ; il se divise en trois parties :

- le processus de gestion des cibles,
- le processus de gestion des opportunités de réduction des coûts,
- le processus de suivi et pilotage.

Pour chacune de ces trois parties, nous réalisons notre analyse en trois étapes :

1. description des méthodes et outils utilisés dans les entreprises,
 2. description des expériences projet,
 3. identification des dysfonctionnements¹⁶.
-

¹⁶ Un dysfonctionnement est dû à un non-respect du déroulement d'au moins une des étapes d'un processus défini. Dans notre cas, le processus sur lequel nous nous basons est celui défini grâce à la littérature sur la maîtrise des coûts en conception.

I. Démarche d'analyse du terrain

La démarche adoptée pour réaliser un audit des pratiques Airbus et Eurocopter en matière de Design to Cost se divise en 5 activités majeures :

- * participation à des projets de conception « sans Design to Cost » pour comprendre les contraintes des concepteurs ainsi que les principales activités d'un projet de conception (1 projet chez Airbus et un projet chez Eurocopter),
- * participation à des opérations DtC pour comprendre les méthodes de travail et les difficultés des équipes DtC (participation à 2 opérations DtC chez Airbus et 2 chez Eurocopter),
- * interviews des acteurs DtC pour tracer l'histoire des opérations menées depuis la création des équipes DtC (composées de 9 acteurs DtC chez Eurocopter et de 8 acteurs DtC chez Airbus),
- * interviews d'une quinzaine d'acteurs projet pour comprendre leur perception du DtC et les freins à son application,
- * audit des méthodes et outils créés par les équipes DtC depuis leur création. Pour chaque méthode ou outil une fiche synthétique d'une à deux pages a été réalisée ; en tout, 12 types de méthodes et outils ont été décrits au travers de telles fiches.

Nous décrivons dans ce chapitre les résultats de cet audit.

II. Avant-propos : acteurs cités dans l'état des lieux

Afin de clarifier notre représentation des pratiques chez Airbus et Eurocopter, nous définissons des acteurs type que nous retrouverons dans la description de ces pratiques :

- * **Acteur DtC** : acteur appartenant à l'équipe DtC chargé de mettre en place le DtC sur les projets,
- * **Chef de projet** : acteur chargé de fixer une cible globale au produit conçu et de suivre l'avancement des opérations DtC,
- * **Acteur engagé sur une cible** : acteur qui se voit allouer une cible par son responsable hiérarchique et doit tout mettre en œuvre pour l'atteindre,
- * **Acteur projet** : l'acteur projet peut être n'importe quel acteur métier participant au projet (concepteur, acteur manufacturing, assemblage final, équipement, structure, composant mécanique, électricité),
- * **Groupe de travail** : ensemble des acteurs projet qui travaillent pour atteindre la cible définie pour un sous-ensemble de l'appareil.

III. Illustration du processus DtC

Nous décrivons dans ce paragraphe l'exemple de l'opération 4 (voir Chapitre 2), pour illustrer les notions de gestion des cibles, gestion des opportunités et suivi/pilotage.

III.1.1 Contexte du projet

L'opération 4 est lancée sur un appareil en fin de développement. L'objectif de l'opération est de réduire les coûts de production en faisant du « redesign to cost ». La cible de gain attendue de cette opération est clairement énoncée par le chef de projet, elle est très ambitieuse compte tenu de la marge de manœuvre restante. En effet, à ce stade du programme, il n'est pas possible de « casser » l'appareil. Les modifications de conception devront être locales.

Le projet redesign to cost a commencé en décembre 2004. Sept groupes de travail ont été créés : un des groupes est dédié au DtC et intervient comme support aux six autres groupes. Les six autres groupes sont des groupes métier (achats, avionique, ...) et doivent proposer des solutions conduisant à une réduction des coûts. Chaque groupe de travail est dirigé par un responsable métier et un leader DtC.

Le groupe de travail dédié au DtC peut intervenir à deux niveaux :

- * assistance aux autres groupes de travail pour faire avancer la démarche de DtC et leur fournir des outils,
- * assistance au chef de projet quant au pilotage et au suivi du projet.

Le contexte du projet peut être résumé ainsi : *Bonne connaissance du produit, faible marge de manœuvre.*

III.1.2 Gestion des cibles

La cible globale est claire mais l'allocation des cibles est difficile. En effet, la marge de manœuvre pour réduire les coûts est faible, les acteurs sont donc très critiques vis-à-vis d'une cible qui paraît trop ambitieuse. Plusieurs méthodes d'allocation sont testées :

- * *Méthode 1* : répartition de l'objectif de gain au prorata de la contribution de chaque groupe de travail au coût de l'appareil (résultat : refusé par la hiérarchie car les achats contribuent à 70% du coût de l'appareil, et on ne peut leur demander de gagner 70% de la cible globale).
- * *Méthode 2* : division par deux de la part pour les achats, le reste a été ventilé sur les autres groupes de travail (résultat : refusé par la hiérarchie car la méthode apparaît injuste)
- * *Méthode 3* : le métier achat étudie les gains possibles, et le gain restant est alloué sur les autres groupes en fonction de leur marge de manœuvre (résultat : validé par la hiérarchie)

Pour la communication des cibles, chaque acteur DtC a annoncé sa cible de gain au groupe de travail auquel il appartient. Selon les groupes de travail, les cibles étaient acceptées ou refusées. En général la cible était refusée lorsque le périmètre de chiffrage¹⁷ était remis en cause par les acteurs engagés sur les cibles, ce qui rendait la cible non pertinente. De plus les acteurs DtC ne paraissaient pas forcément légitimes vis-à-vis des acteurs projet pour communiquer les cibles de gain de coûts. Leur participation au projet étant récente, il était mal perçu qu'ils imposent de nouvelles exigences, c'était au chef de projet de le faire.

III.1.3 Gestion des opportunités

Fin avril 2004, les estimations du CTC¹⁸ ont été réévaluées car les groupes de travail les remettaient systématiquement en cause. A cette occasion, le périmètre de l'estimation a été précisé et validé par les acteurs projet. Puis la recherche d'opportunités a été lancée.

Pour chaque opportunité, une fiche de gain de coûts était renseignée. Ces fiches peuvent avoir 4 états : identifiée (opportunité identifiée, non approuvée), approuvée (opportunité identifiée et approuvée), sécurisée (ordre lancé en production), concrétisée. Pour chaque fiche, un binôme (Bureau d'Etudes, Achat) est identifié et on lui donne la responsabilité du renseignement de la fiche. Le fait de nommer des responsables fiabilise le renseignement des fiches. Les responsables sont chargés de récupérer les informations pour renseigner les fiches, ils sont responsables auprès du chef de projet de l'avancement de la fiche.

III.1.4 Suivi et pilotage

Une fois par semaine, les acteurs DtC se rassemblaient avec le chef de projet pour discuter l'avancement de chaque groupe de travail et éventuellement lancer des actions de motivation lorsque trop peu d'opportunités étaient proposées. Un outil de pilotage a été réalisé à la demande du chef de projet, il permettait de suivre l'avancement de chaque groupe de travail et d'identifier le pourcentage restant à gagner.

Cette opération a finalement été arrêtée au bout d'un an, avant que la cible n'ait été atteinte car la cible paraissait trop ambitieuse par rapport à la marge de manœuvre restante pour les modifications. Cet exemple d'opération DtC nous a permis de décrire un peu plus concrètement ce que peut être une opération (Re)Design to Cost. Nous allons dans les paragraphes suivants décrire de manière générique, les pratiques et les dysfonctionnements associés aux trois étapes du DtC.

¹⁷ Le périmètre de chiffrage est le découpage de l'avion en sous-système sur lequel se base l'évaluation des coûts, elle-même utilisée pour réaliser l'allocation des cibles.

¹⁸ « Cost To Completion » : Estimation de ce que l'appareil va coûter

IV. Gestion des cibles

IV.1 Description des pratiques pour la gestion des cibles

Nous avons identifié grâce à l'état de l'art un processus standard de gestion des cibles. Nous nous appuyons sur ce processus pour décrire les pratiques de l'équipe Eurocopter en terme de gestion des cibles. Chez Airbus, l'allocation des cibles n'est pas réalisée par l'équipe DtC. L'allocation est réalisée par les responsables programme. Nous nous concentrons donc sur le cas d'Eurocopter pour réaliser l'état des lieux des méthodes et outils utilisés pour la gestion des cibles. Pour des problèmes de lisibilité, nous ne représentons pas les boucles du processus, nous utilisons donc le processus représenté en Figure 21.

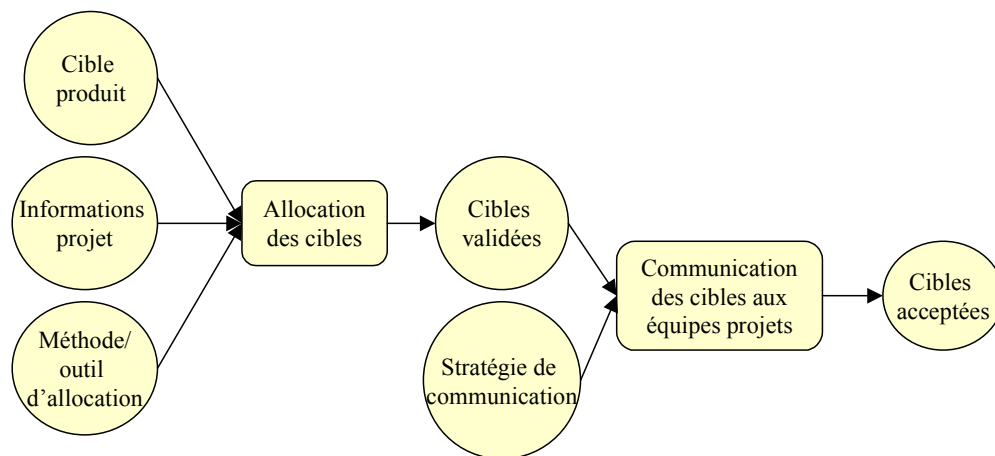


Figure 21 - Gestion des cibles

IV.1.1 Allocation des cibles

Chez Eurocopter, l'allocation des cibles est réalisée par l'équipe DtC et parfois en collaboration avec le chef de projet. Dans tous les cas, le chef de projet valide l'allocation (avant la communication des cibles aux acteurs qui seront engagés sur les cibles).

a) Cible produit

Nous considérons dans notre étude que la cible produit est une donnée d'entrée du processus DtC issue des études marketing et de la stratégie affichée par l'entreprise. Nous nous intéressons donc à l'allocation et à la communication des cibles chez Eurocopter.

b) Informations projet

Les informations projet incluent les informations liées au projet en cours mais aussi aux projets passés. Les informations relatives au projet en cours sont toutes les informations liées à la conception, la fabrication ou la maintenance utilisées pour évaluer les coûts ou pour identifier les

opportunités de gains. Les informations utilisées relatives aux projets passés sont principalement les coûts par sous-ensemble des appareils et les caractéristiques principales de chaque sous-ensemble.

c) Méthodes / outils d'allocation

Nous distinguons quatre méthodes et un outil pour réaliser l'allocation des cibles :

- * **Méthode 1¹⁹ (MA1)** : Méthode organique (la cible est éclatée sur les sous-ensembles du produit. Le déploiement de la cible se fait à partir des connaissances relatives à chaque sous-ensemble et à partir d'une estimation des gisements de gain de coût.) ;
- * **Méthode 2²⁰ (MA2)** : Répartition de l'objectif de gain au prorata de la contribution de chaque sous-système au coût de l'appareil.
- * **Méthode 3 (MA3)** : Adaptation manuelle des résultats obtenus par les méthodes MA1 et MA2 en fonction de l'expertise, des gisements présumés et de la sévérité de l'évaluation des coûts.
- * **Méthode 4 (MA4)** : Allocation du même pourcentage de coût à gagner pour chaque groupe de travail.
- * **Outil d'allocation (OA1)** : Outil Excel réalisant automatiquement l'allocation des cibles à partir de l'évaluation des coûts, des risques et des efforts déjà fournis par chaque groupe de travail. Cet outil a été créé par l'équipe DtC Eurocopter pour une opération DtC spécifique.

IV.1.2 Communication des cibles aux équipes projet

a) Cibles validées

Si l'allocation des cibles est validée par l'équipe projet, celle-ci doit alors être communiquée aux acteurs métiers qui seront chargés d'atteindre ces cibles (acteurs engagés sur une cible).

b) Stratégie de communication

Deux stratégies sont utilisées pour communiquer les cibles :

- * **Stratégie 1 (SC1)** : ce sont les acteurs DtC qui communiquent les cibles aux groupes de travail,
- * **Stratégie 2 (SC2)** : la hiérarchie projet organise une réunion pour chaque groupe de travail et communique lors de cette réunion la cible de coût.

¹⁹ pour les opérations Design to Cost

²⁰ pour les opérations Redesign to Cost

IV.2 Description des expériences projet pour la gestion des cibles

Nous présentons dans ce paragraphe comment les méthodes et outils ont été appliqués lors des opérations DtC introduites dans le chapitre 2 ; nous identifions également les dysfonctionnements associés à chaque opération (voir Figure 22) :

- * **Opération 2** : l'allocation des cibles a été réalisée avec la méthode MA1 et les cibles ont été validées par le chef de projet. Le projet a été arrêté avant que les cibles ne soient communiquées aux groupes de travail (l'appareil proposé n'a pas été retenu par l'appel d'offre).
- * **Opération 4** : une première allocation a été réalisée à l'aide de la méthode MA2, mais le résultat de l'allocation n'a pas été validé car non réaliste au regard de la marge de manoeuvre des acteurs. La méthode MA3 a ensuite été appliquée et l'allocation a été validée par le chef de projet mais n'a pas remporté l'adhésion des groupes de travail, entre autre parce que la communication des cibles a été réalisée par les acteurs DtC. L'opération 4 a été arrêtée 1 mois après.
- * **Opération 6** : au début de l'opération 6, la cible produit n'était pas figée, donc l'allocation ne pouvait être réalisée. Pour gagner du temps dans l'allocation, les informations nécessaires pour réaliser l'allocation ont été rassemblées pour que celle-ci soit faite rapidement une fois la cible produit figée par l'appel d'offre. Le projet a été arrêté avant que les cibles aient été allouées.
- * **Opération 7** : La cible a été allouée avec la méthode MA4 et les cibles ont été validées. La communication par l'équipe DtC a permis l'acceptation des cibles par les groupes de travail.
- * **Opération 10** : L'allocation a été réalisée avec l'outil OA1 puis adaptée avec la méthode MA3. Les cibles validées ont été communiquées aux groupes de travail par le chef de projet.

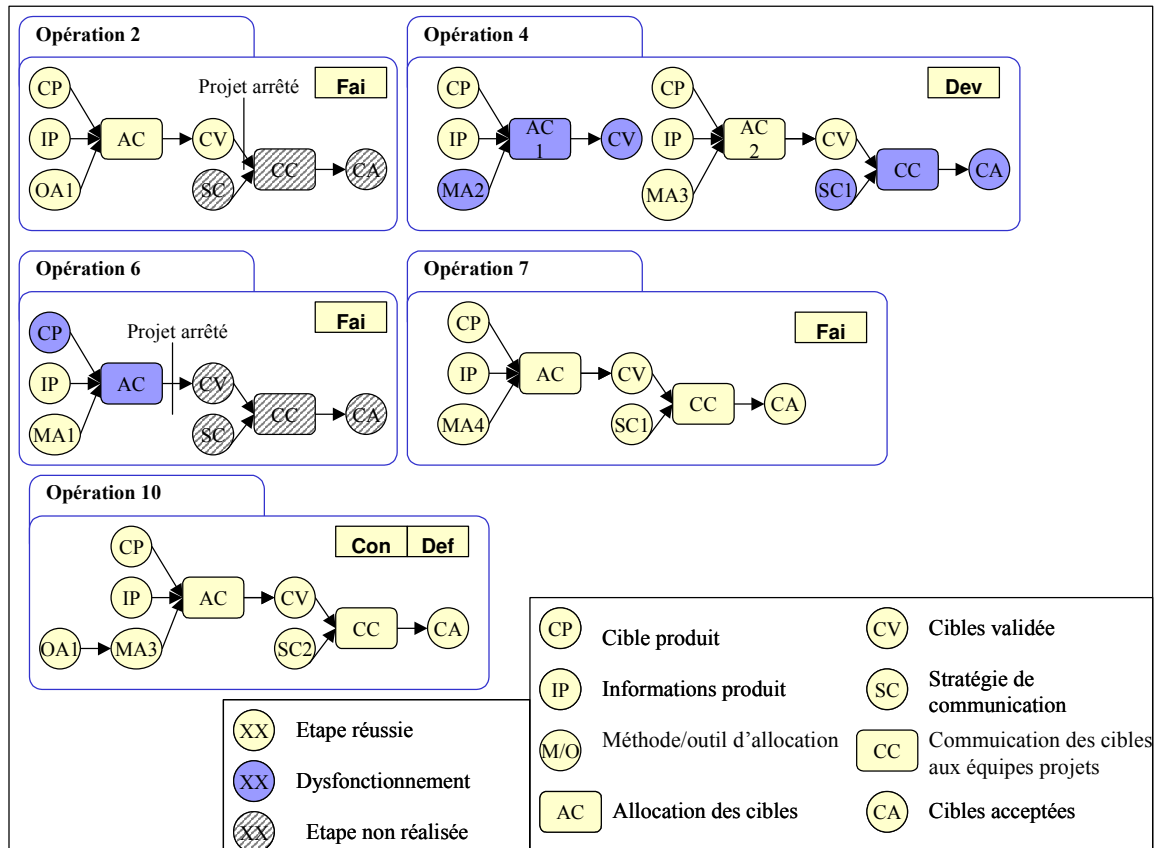


Figure 22 - Expériences en gestion des cibles

IV.3 Possibles dysfonctionnements liés à la gestion des cibles

L'étude des opérations DtC nous permet d'identifier les dysfonctionnements liés à la gestion des cibles (voir Figure 23), ils sont de trois natures :

- * les cibles ne sont pas définies ou sont définies trop tard²¹,
- * les cibles ne sont pas acceptées par les acteurs,
- * les cibles ne permettent pas la maîtrise des coûts.

Les conséquences peuvent être de deux natures différentes ; une mauvaise gestion des cibles peut entraîner une mauvaise perception du DtC par les acteurs projets et/ou menacer la rentabilité du projet.

²¹ Une cible est définie trop tard lorsque des décisions de conception sont prises avant que la cible n'ait été fixée.

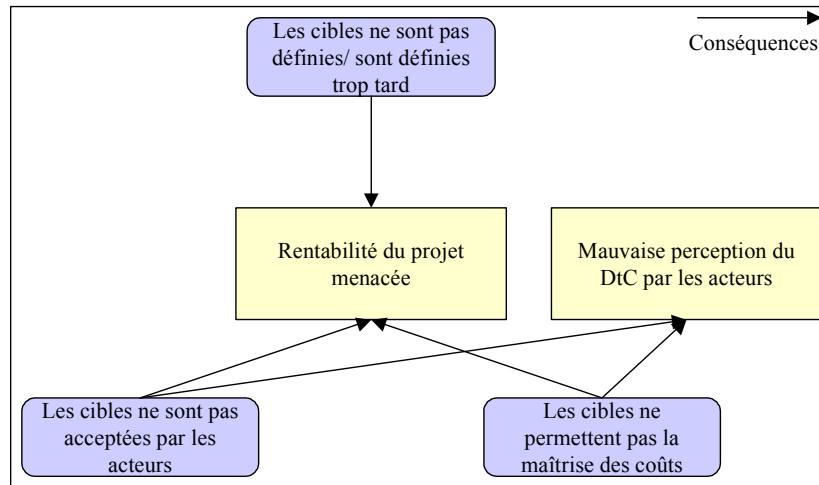


Figure 23 - Problématiques liées à la gestion des cibles

Après avoir identifié les dysfonctionnements liés à la gestion des cibles, nous avons étudié dans le détail chacun d’entre eux afin d’identifier leur origine (voir Figure 24).

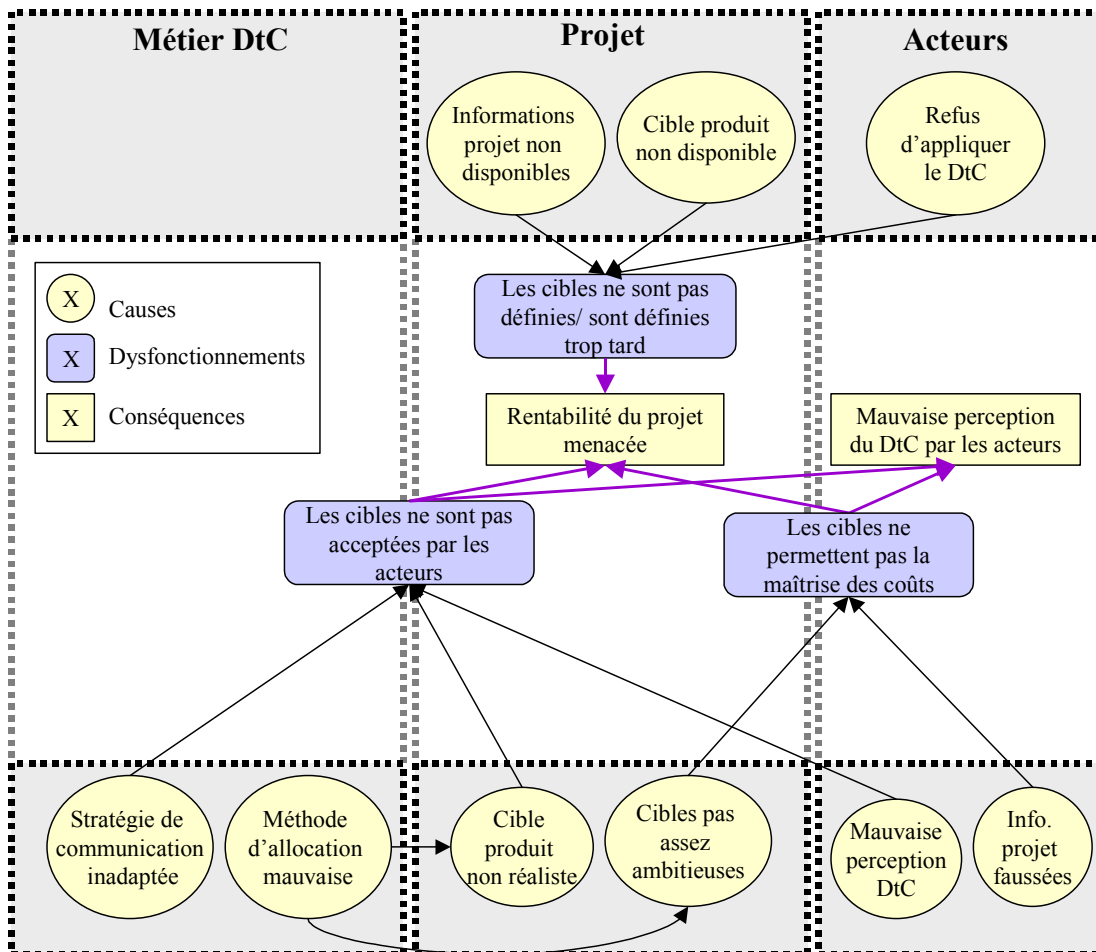


Figure 24 - Problèmes liés à la gestion des cibles

Les causes de dysfonctionnement liées au métier DtC sont de deux types :

- * *La stratégie de communication des cibles est inadaptée* : les cibles peuvent être refusées parce que la stratégie adoptée pour communiquer les cibles est inadaptée au contexte du projet. Par exemple, pour l'opération 4, les cibles validées par la hiérarchie projet avaient été communiquées par l'équipe DtC. Elles avaient été refusées par les groupes de travail parce que l'équipe DtC ne paraissait pas qualifiée pour imposer des cibles de coût aux groupes de travail. La stratégie de communication des cibles doit en effet être adaptée au contexte du projet. Plus les cibles sont communiquées tard dans le processus de conception, ou plus elles sont ambitieuses, plus la communication sera délicate. Dans ces conditions, il est préférable que celle-ci soit réalisée par la hiérarchie projet.
- * *La méthode d'allocation est mauvaise* : tout comme la stratégie de communication, la méthode d'allocation doit être adaptée au contexte du projet pour conduire à une allocation réaliste. Dans certains cas, une méthode inadaptée peut aboutir à des cibles trop ambitieuses ou qui ne traduisent pas les marges de manœuvres des groupes de travail, ce qui explique qu'elles soient alors refusées par les acteurs engagés sur les cibles.

Nous avons identifié trois types de causes de dysfonctionnement liées au projet :

- * *Les informations projet nécessaires ne sont pas disponibles* : une bonne allocation requiert certaines informations projet comme l'avancée de la conception, le chiffrage, les coûts du sous-système traité par chaque groupe de travail pour les projets passés. Dans certains cas, certaines informations ne sont pas disponibles au moment de l'allocation, ou leur obtention prend beaucoup de temps. Soit l'allocation est faite sans ces informations auquel cas cela peut entraîner une mauvaise allocation des cibles ; soit les informations sont attendues, auquel cas cela retarde l'allocation des cibles et les concepteurs travaillent alors sans cible de coût.
- * *La cible produit n'est pas disponible* : nous avons expliqué dans la partie contexte que les projets chez Eurocopter sont généralement lancés suite à des appels d'offre. Il arrive que les études démarrent avant que l'appel d'offre officiel ne soit lancé. Dans ce cas la cible produit n'est pas disponible au début des études, l'allocation des cibles est donc impossible.
- * *La cible produit n'est pas réaliste* : une cible produit trop ambitieuse pour le produit à concevoir mène forcément à des cibles allouées trop ambitieuses. Celles-ci seront alors refusées par les acteurs. La pertinence de la cible produit est une des conditions pour que les cibles allouées soient acceptées par les acteurs. Cette donnée étant une donnée d'entrée du DtC, nous classons ce problème dans le contexte projet.

Nous distinguons deux types de causes de dysfonctionnement liées aux acteurs :

- * *Les acteurs refusent d'appliquer le DtC* : dans certains cas, un chef de projet réfractaire à la méthode DtC peut refuser d'appliquer la méthode et donc ne pas allouer de cibles de coût. Le Design to Cost étant récent dans les entreprises où l'étude a été menée, les acteurs ne sont pas forcément convaincus des apports de cette méthode et refusent parfois de l'appliquer lorsqu'ils n'y sont pas contraints.
- * *Les informations projet sont faussées* : certains acteurs qui ont peur de se voir allouer une cible trop ambitieuse peuvent manquer de transparence dans les informations qu'ils communiquent (en augmentant le coût de la partie sur laquelle ils travaillent, ou en cachant des opportunités de réduction de coût par exemple). Ce manque de transparence est dû à un manque de confiance dans la méthode DtC et peut entraîner une mauvaise allocation des cibles.

Après avoir défini les problèmes génériques relatifs à l'efficacité de la gestion des cibles sur les projets, nous étudions ceux liés à la gestion des opportunités de réduction des coûts.

V. Gestion des opportunités de réduction des coûts

Nous décrivons dans ce paragraphe les pratiques et les dysfonctionnements relatifs à la gestion des opportunités de réduction des coûts.

V.1 Description des pratiques pour la gestion des opportunités de réduction des coûts

Nous avons identifié grâce à l'état de l'art un processus standard de gestion des opportunités de réduction des coûts. L'observation des pratiques relatives à la gestion des opportunités chez Airbus et Eurocopter fait apparaître une activité de formalisation des opportunités non identifiée dans l'état de l'art. Nous utilisons donc le processus représenté par la Figure 25 pour décrire les méthodes et outils utilisés dans les deux entreprises.

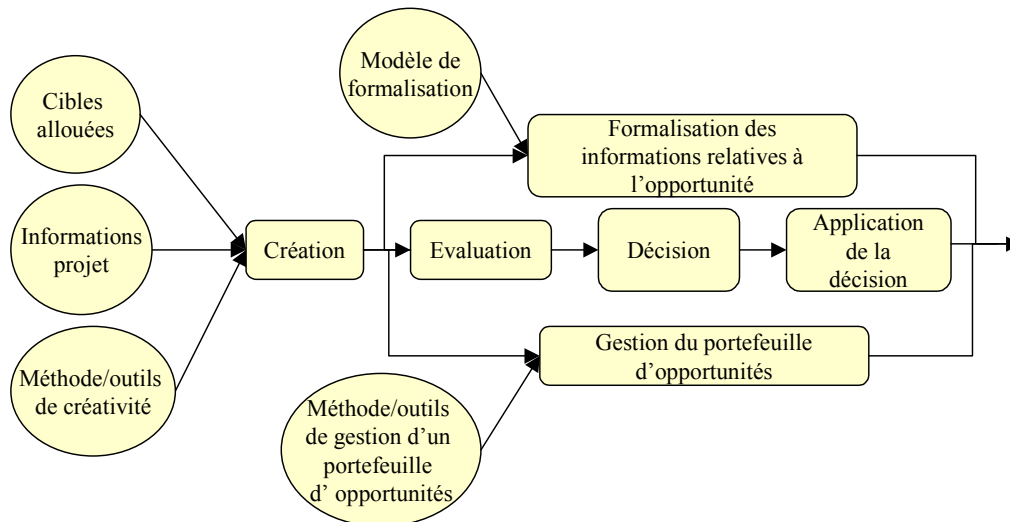


Figure 25 - Gestion des opportunités de réduction des coûts

V.1.1 Création

La phase de création des opportunités est très importante puisque son efficacité conditionne en grande partie l'atteinte des cibles.

a) Cibles allouées

L'allocation des cibles est une donnée d'entrée indispensable pour le processus de gestion des opportunités. Cependant, nous verrons par la suite que dans certains cas, des opportunités sont proposées avant que les cibles ne soient fixées.

b) Informations projet

Les informations projet sont toutes les informations relatives à la partie de l'appareil étudiée qui peuvent servir pour proposer des opportunités. On distingue principalement les informations de

conception, de fabrication, des achats, la politique maintenance et la structure de coût²² de la partie étudiée (permettant de comprendre ce qui fait le coût d'un ensemble de pièces).

c) *Méthodes / outils de créativité*

Pour susciter la proposition d'opportunités, les méthodes suivantes peuvent être utilisées (description de la plus simple à la plus élaborée) :

- * **Méthode 1 (MC1)** : brainstorming avec les concepteurs basé sur la description de la conception et la structure de coûts (donnés dans les informations projet)
- * **Méthode 2 (MC2)** : réunion multidisciplinaire (avec les acteurs conception, fabrication, support, DtC, ...) parfois précédées d'une visite des lignes de fabrication de la partie du produit étudié. Ces réunions sont également basées sur une description des informations projet. Les acteurs ne doivent pas se limiter dans leur proposition d'opportunités et proposer même les solutions qui semblent difficiles ou qui ont déjà été demandées. L'objectif est de rassembler un maximum de participants pour obtenir un maximum de points de vue sur les opportunités potentielles.
- * **Méthode 3 (MC3)** : Cette méthode appelée « Brownpaper » a pour but d'optimiser une partie de l'appareil. Elle se déploie sur 4 réunions d'une demi-journée qui rassemblent des acteurs de plusieurs disciplines (conception, fabrication, chiffrage, DtC). Les supports de ces réunions sont une analyse fonctionnelle de la solution de référence et la structure de coûts de cette solution. Grâce à la présentation de ces documents, des opportunités sont proposées en réunion puis priorisées en fonction de leur faisabilité et de leurs gains potentiels.
- * **Outil 1 (OC1)** : questionnaire systématique portant sur les gains de coûts réalisés le plus souvent (ex : les pièces utilisées sont-elles des standards de l'entreprise ? si ce n'est pas le cas, les acteurs projet doivent le justifier). L'objectif est de proposer un nombre réduit d'opportunités (une dizaine) mais ayant un impact significatif. Les participants sont situés plus haut dans la hiérarchie de l'entreprise et sont moins nombreux.

Ces méthodes se distinguent par l'investissement nécessaire ainsi que par leur efficacité (les gains de coûts qu'elles peuvent engranger). La méthode appliquée dépend donc du gain visé ainsi que des ressources disponibles.

V.1.2 Evaluation

L'évaluation concerne la faisabilité technique, et les risques associés à la mise en place de l'opportunité ainsi que tous les paramètres impactés par l'opportunité. Sont évalués les impacts sur la masse, sur le coût global, sur les coûts non récurrents, les délais, la maintenabilité ou encore la certification. Pour chaque opportunité, l'impact en coûts et en masse, la faisabilité technique et les

²² La structure de coûts est la décomposition des coûts d'un système basée sur une décomposition organique.

risques sont évalués systématiquement. Les autres paramètres sont évalués uniquement s'ils sont sensiblement impactés.

V.1.3 Décision

La prise en compte effective d'une opportunité nécessite le passage d'un ensemble de jalons (Figure 26).

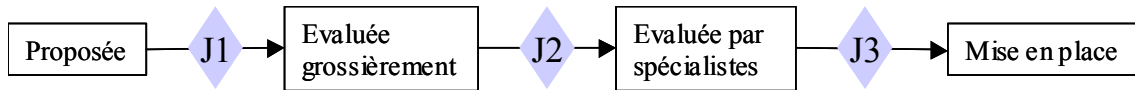


Figure 26 - Etapes de maturation d'une opportunité

Une opportunité est proposée par un acteur projet. Le jalon J1 est franchi si l'opportunité est jugée pertinente. Dans ce cas une première évaluation est réalisée, cette évaluation est peu détaillée. L'objectif est de ne faire franchir le jalon J2 qu'aux opportunités présentant réellement un potentiel de gain, afin de ne pas surcharger les spécialistes chargés de l'évaluation détaillée. Enfin, si l'évaluation détaillée confirme le gain potentiel lié à la mise en place de l'opportunité, celle-ci est validée pour être appliquée.

C'est le contexte projet qui doit permettre de préciser le cadre de la décision. Les paramètres de la conception sont dépendants, et souvent le fait d'améliorer une performance technique fera augmenter les coûts, un compromis doit donc être réalisé. Cela se fait par exemple en donnant un coefficient d'échange entre coût récurrent et masse²³ ; c'est ce qu'on appelle en anglais « trade-off »..

V.1.4 Formalisation et gestion d'un portefeuille d'opportunités

Nous décrivons la formalisation et la gestion d'un portefeuille d'opportunités en même temps car certains outils remplissent les deux fonctionnalités simultanément. La formalisation contient la description de l'opportunité, les informations relatives à son évaluation et les décisions ainsi que leur justification. La gestion du portefeuille d'opportunités est le processus qui permet de traiter prioritairement les opportunités qui sont les plus urgentes ou les plus intéressantes. Le nombre d'opportunités sur un projet peut être très important, les équipes ont donc déployé des outils permettant de faciliter cette formalisation ainsi que la gestion du portefeuille d'opportunités.

Aussi bien chez Airbus que chez Eurocopter, deux types d'outils ont été utilisés sur les projets. Au début les équipes travaillaient avec des fiches Dtc papier, puis un outil informatique a été déployé. Il permet de formaliser et de gérer les informations relatives aux opportunités d'optimisation des coûts :

²³ Exemple : on est prêt à alourdir l'appareil de 1 kg pour réduire son coût de 1k€.

- * **Outil 1 (OF1)** : dossier de décision avec une fiche sous Excel ou PowerPoint fournissant un cadre pour décrire les opportunités, leurs évaluations et les décisions qui leur sont relatives. Parfois, cette fiche est complétée par un schéma « Pre-mod / Post-mod »²⁴.
- * **Outil 2 (OG2)** : Fichier Excel qui liste les opportunités proposées ainsi que les informations principales les concernant (localisation, titre, nom de l'émetteur, statut de maturation, gains potentiels).
- * **Outil 3 (OF3 et OG3)** : base de données qui contient l'ensemble des opportunités. Les informations (description, évaluation, décision) sont saisies directement dans l'outil. Ce dernier permet de lancer des requêtes pour traiter par exemple les opportunités les plus urgentes ou les plus intéressantes. Il s'agit donc d'une aide à la formalisation et à la gestion d'un portefeuille d'opportunités.
- * **Méthode 1 (MG1)** : il s'agit d'un moyen pour trier les opportunités. Les propositions issues du brainstorming sont multiples, cette méthode consiste à trier les propositions dans trois catégories (pour ne pas polluer le portefeuille par un grand nombre d'opportunités non applicables): opportunités non applicables, opportunités applicables, recommandations générales pour la conception.

V.2 Description des expériences projet pour la gestion des opportunités de réduction des coûts

Nous présentons dans ce paragraphe comment les méthodes et outils décrits précédemment ont été utilisés lors des opérations DtC, nous identifions également les dysfonctionnements associés à chaque opération (voir Figure 27).

²⁴ Avant-modification / après modification

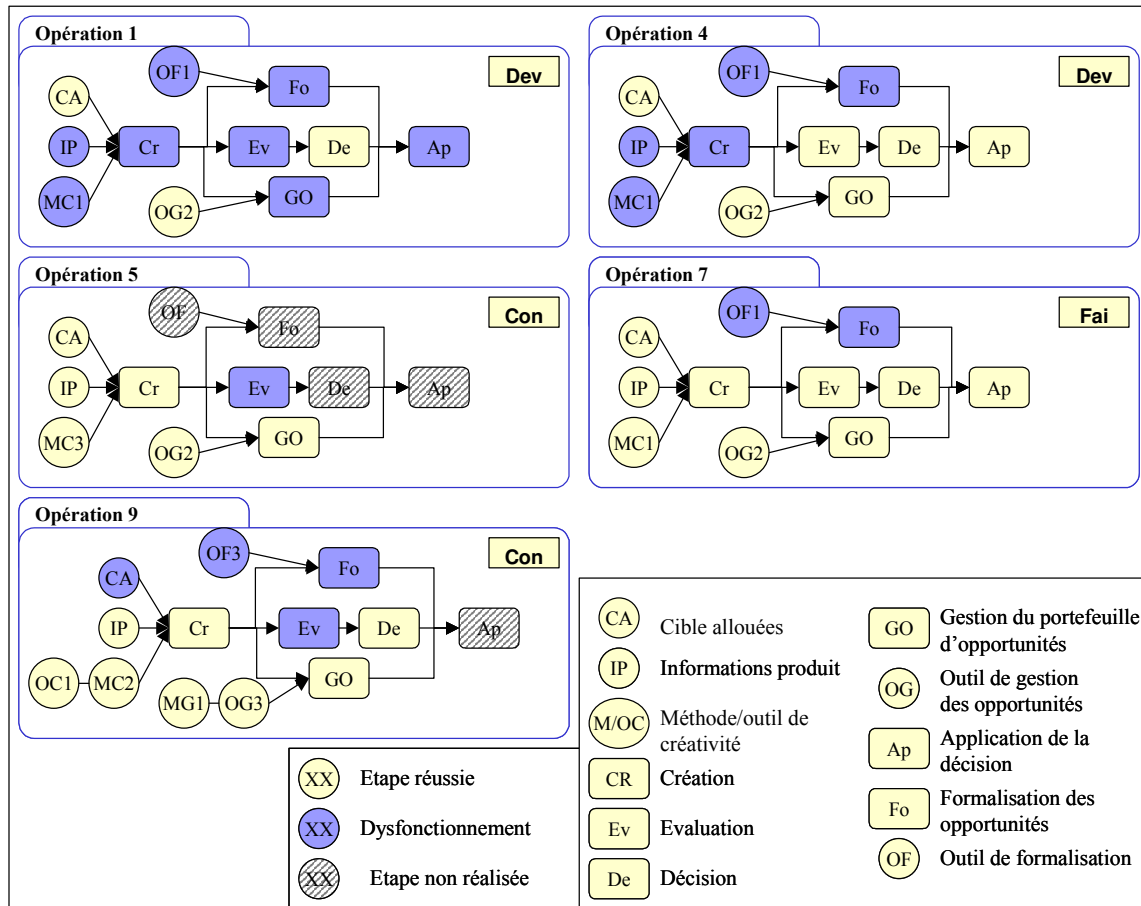


Figure 27 - Expériences en gestion des opportunités

- * **Opération 1 :** La méthode MC1 a été utilisée pour susciter des opportunités mais cela n'a pas été suffisant. Cela s'explique tout d'abord par le fait que les structures de coût de la solution de référence²⁵ n'étaient pas disponibles (information projet) mais aussi par le fait que les acteurs de la fabrication ne participaient pas aux brainstorming (au début les réunions n'étaient pas multidisciplinaires et les seuls acteurs projet participant étaient les concepteurs). L'évaluation des coûts était souvent longue car il n'y avait pas suffisamment de ressources disponibles pour réaliser le chiffrage des opportunités. Pour la formalisation, l'OF1 était utilisé. Certaines informations étaient mal renseignées. Cela s'explique par le fait que les informations de la fiche devaient être également saisies dans un autre dossier (pour que la validation de l'opportunité soit faite au niveau projet). La gestion du portefeuille d'opportunités a posé problème car de nombreuses opportunités non pertinentes ont été saisies dans l'outil. Enfin, certaines opportunités validées ne sont pas appliquées car le suivi de leur mise en place n'est pas géré.

²⁵ Appareil existant considéré comme le plus proche de l'appareil en cours de conception

- * **Opération 4** : Durant cette opération, la méthode MC1 a été utilisée pour susciter la créativité mais trop peu d'opportunités ont été proposées car le contexte de l'opération laissait peu de marge de manœuvre pour réaliser des modifications. De plus, les informations projet relatives aux coûts manquaient de transparence et étaient souvent débattues durant les séances de brainstorming. L'outil OF1 a été utilisé pour la formalisation mais celle-ci ne permettait pas à la hiérarchie projet de comprendre l'opportunité. Les opportunités devaient donc être expliquées par les initiateurs de l'idée.
- * **Opération 5** : Cette opération était un cas pilote pour tester la méthode MC3. L'utilisation de cette méthode a permis la proposition de plusieurs opportunités. L'évaluation des impacts coût a posé problème car les données de conception étaient floues et ne permettaient pas un chiffrage précis. Le projet a choisi de gérer lui-même le portefeuille d'opportunités. L'outil OG2 a été fourni à l'équipe projet mais l'équipe DtC n'étant pas impliquée dans la gestion du portefeuille d'opportunités, les dysfonctionnements associés à la gestion du portefeuille ainsi qu'à la suite du processus n'ont pas été identifiés.
- * **Opération 7** : La méthode MC2 a été utilisée et les informations de coûts étant présentées clairement, de nombreuses opportunités ont été proposées. Elles ont été formalisées avec l'outil OF1 et gérées avec l'outil OG2. Là encore, la formalisation des opportunités ne permet pas de les comprendre en dehors de leur contexte de création.
- * **Opération 9** : Durant cette opération, la méthode MC2 et l'outil OC1 ont été utilisés pour créer des opportunités. Des méthodes plus lourdes comme la méthode MC3 n'ont pas été mises en place car les cibles n'étant pas définies, les acteurs n'étaient pas prêts à faire des efforts importants pour réduire les coûts. Les propositions ont été triées grâce à la méthode MG1 puis formalisées et gérées à l'aide de l'outil OF3 et OG3. La formalisation des opportunités a posé problème particulièrement pour l'évaluation qualitative de la faisabilité, des impacts de coût et de masse. Le cadre de formalisation fourni par l'outil ne permettait pas une compréhension partagée de l'évaluation (l'échelle pré-définie était une lettre entre A et D mais pour chaque base, la signification des lettres était personnalisée). De plus, le manque de ressources pour réaliser le chiffrage des opportunités se posant encore, les impacts coûts sont chiffrés par les équipes de la fabrication.

V.3 Possibles dysfonctionnements liés à la gestion des opportunités

L'étude des opérations DtC nous permet d'identifier les dysfonctionnements liés à la gestion des opportunités (voir Figure 28), ils sont de quatre natures :

- * il n'y a pas assez d'opportunités,
- * certaines opportunités ne sont pas évaluées,

- * une mauvaise décision est prise par rapport à une opportunité,
- * certaines opportunités intéressantes²⁶ ne sont pas appliquées.

Les conséquences peuvent être de deux natures différentes : une mauvaise gestion des cibles peut entraîner une mauvaise perception du DtC par les acteurs projets et/ou menacer l'optimisation des coûts.

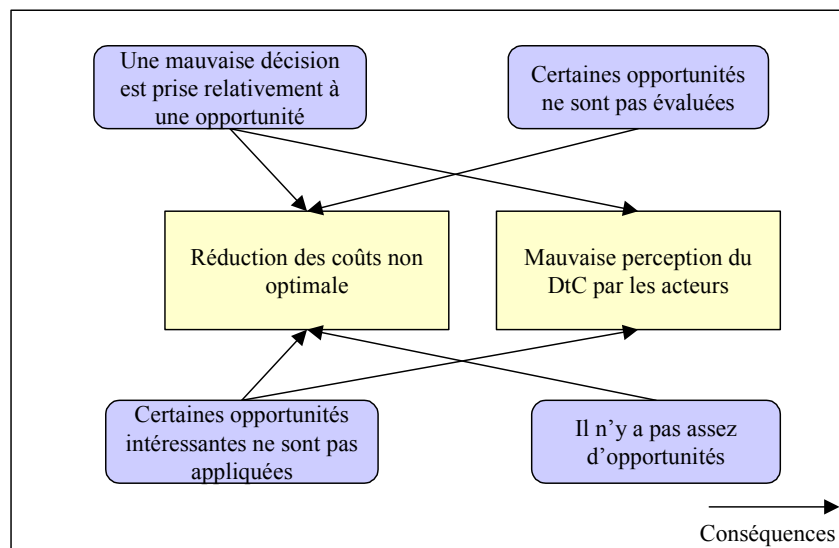


Figure 28 - Dysfonctionnements liés à la gestion des opportunités

Après avoir identifié les dysfonctionnements liés à la gestion des opportunités, nous avons étudié dans le détail chacun d'entre eux afin d'identifier les problèmes à l'origine de ces dysfonctionnements (voir Figure 29).

²⁶ Une opportunité intéressante est une idée qui par son application permettrait des gains de coûts.

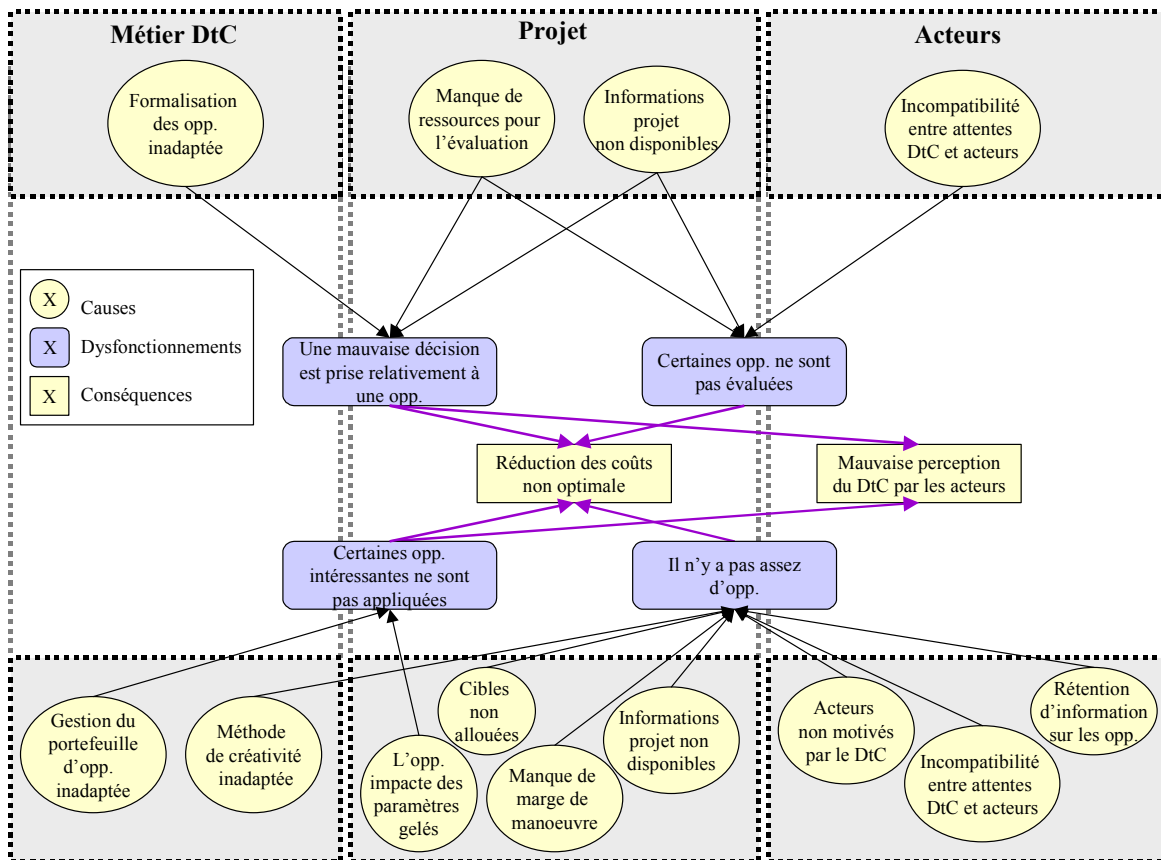


Figure 29 - Problèmes liés à la gestion des opportunités

Les causes de dysfonctionnement liées au métier DTC sont de trois types :

- * *La formalisation des opportunités est inadaptée* : une formalisation inadaptée est une formalisation qui ne permet pas une compréhension partagée des impacts d'une opportunité, cela peut entraîner une mauvaise décision.
- * *La méthode de créativité est inadaptée* : les méthodes utilisées par les équipes DTC doivent être adaptées au contexte du projet (ressources disponibles, informations disponibles, écart à la cible). Cependant dans certains cas, il est important d'identifier de nombreuses opportunités dans des délais limités, il faut donc des méthodes de créativité particulièrement efficaces.
- * *La gestion des opportunités est inadaptée* : un outil de gestion de portefeuille d'opportunités inadapté est soit un outil qui n'alarme pas les acteurs de l'aspect prioritaire d'une opportunité, soit un outil qui ne permet pas le suivi des opportunités jusqu'à la vérification de leur mise en place effective.

Nous avons identifié six causes de dysfonctionnement liées au projet :

- * *Manque de ressource pour l'évaluation* : que ce soit pour les impacts coûts, masse ou autre, l'évaluation des impacts des opportunités prend du temps, et les ressources nécessaires pour cette évaluation n'ont pas forcément été prévues dans le cadre du projet.
- * *Les informations projet nécessaires ne sont pas disponibles* : certaines informations permettant de réaliser l'évaluation ne sont pas disponibles lorsque l'évaluation est demandée. Par exemple, pour chiffrer les pièces sous-traitées il faut s'adresser au département achat et faire une spécification détaillée de la pièce à chiffrer, ce qui est impossible en amont de la conception. La principale difficulté étant que certaines informations nécessaires ne peuvent être anticipées.
- * *L'opportunité impacte des paramètres gelés* : certaines opportunités ne sont pas applicables car elles sont proposées trop tard dans le processus de conception.
- * *Les cibles ne sont pas allouées* : l'implication dans la recherche d'opportunités d'optimisation des coûts est d'autant plus grande que les cibles sont ambitieuses. Sur un projet où les cibles ne sont pas allouées, il est difficile de motiver les acteurs à consacrer du temps à cette activité.
- * *Manque de marge de manœuvre* : certaines opérations DtC sont lancées très tard dans le processus de conception, et la marge de manœuvre est trop mince pour réduire les coûts significativement.

Nous distinguons trois types de causes de dysfonctionnement liées aux acteurs :

- * *Incompatibilité entre les attentes des acteurs DtC et des acteurs projet* : pour une opération DtC efficace, l'évaluation des impacts d'une opportunité doit être réalisée très rapidement. Cependant les acteurs qui doivent réaliser ces évaluations ont d'autres activités, et le DtC n'est pas leur activité prioritaire, il faut donc attendre pour obtenir les évaluations des opportunités et cela ralentit le processus.
- * *Acteurs non motivés par le DtC* : des acteurs qui ne voient pas l'intérêt de la méthode DtC ne s'investiront pas dans la recherche d'opportunités lors de sessions organisées par l'équipe DtC.
- * *Rétention d'information* : certains acteurs ne communiqueront pas leurs opportunités tant que l'allocation des cibles n'est pas réalisée pour garder une marge de manœuvre.

Après avoir défini les problèmes génériques relatifs à l'efficacité de la gestion des opportunités sur les projets, nous étudions ceux liés au pilotage et au suivi.

VI. Suivi et pilotage

VI.1 Description des pratiques pour le suivi et le pilotage

Nous avons identifié grâce à l'état de l'art un processus standard de gestion des cibles. Nous utilisons donc le processus représenté en Figure 30 pour décrire les pratiques des équipes DtC des deux entreprises.

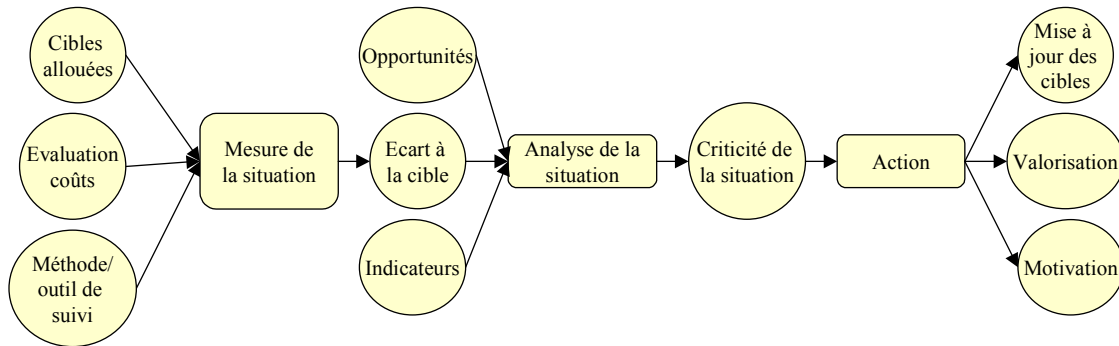


Figure 30 - Suivi et pilotage

VI.1.1 Mesure de la situation

Régulièrement, durant le processus DtC des réunions de pilotage sont organisées, pour suivre l'atteinte de la cible dans le temps.

Ce suivi se fait par une mesure régulière de l'écart entre le coût du système en développement et le coût cible fixé pour ce système. Pour vérifier que le coût du système atteindra effectivement la cible en fin de développement, un schéma de suivi est réalisé pour représenter clairement cet écart à partir des opportunités proposées et de l'évaluation du coût du système.

- * **Outil de Suivi 1 (OS1)**: Différents outils de suivi ont été déployés chez Airbus et Eurocopter, mais globalement, ils ont les mêmes fonctionnalités et permettent de suivre l'évolution de l'atteinte de la cible. Pour ne pas rentrer dans le détail de chaque outil, nous parlons d'un outil générique (**OS1**) qui permet d'obtenir une vision de l'atteinte de la cible (voir Figure 31).

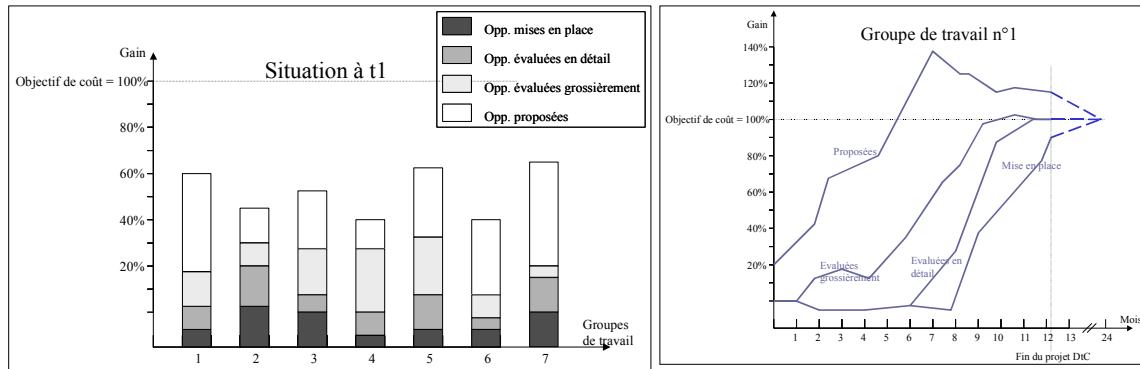


Figure 31 - Exemples de schémas de suivi

VI.1.2 Analyse de la situation

L'analyse de la situation revient à identifier si les cibles ont de bonnes chances d'être atteintes à la fin de l'opération DtC. Cette analyse est basée sur la valeur de l'écart à la cible et sur les opportunités en cours d'évaluation. Pour accompagner cette analyse, l'équipe DtC peut définir des indicateurs qui faciliteront l'analyse de la situation par la hiérarchie projet.

- * Indicateurs 1 (**In1**) sont des indicateurs de type nombre d'opportunités proposées, nombre d'opportunités en cours d'évaluation ou nombre d'opportunités mises en place.
- * Indicateurs 2 (**In2**) : il s'agit d'une représentation des opportunités en stock (voir Figure 32).

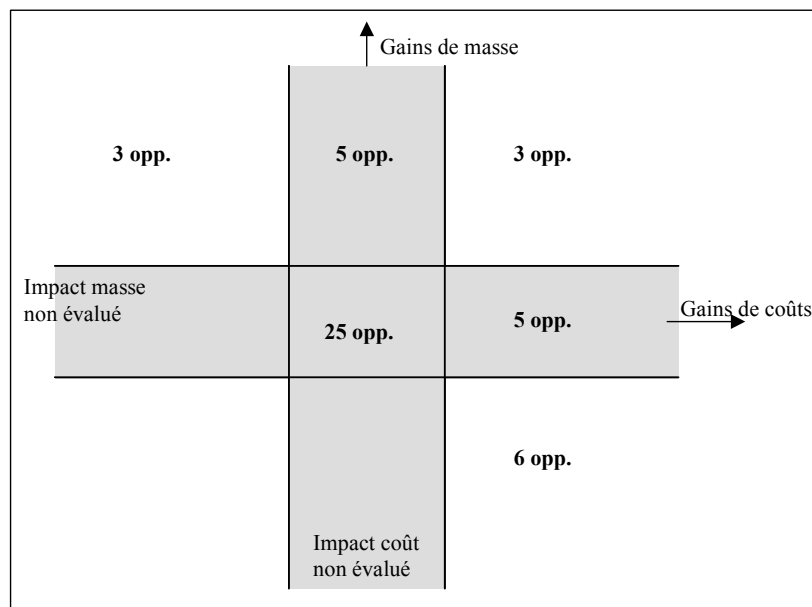


Figure 32 - Indicateurs utilisés sur les projets (In2)

VI.1.3 Action

Une fois la situation analysée, la hiérarchie projet peut agir en fonction des résultats de l'analyse. Si les cibles risquent de ne pas être atteintes parce qu'elles sont trop ambitieuses, elles peuvent être mises à jour. Si les cibles risquent de ne pas être atteintes parce que les efforts réalisés ne sont pas suffisants par rapport à l'écart à la cible, des actions de motivation peuvent être engagées. Enfin, si les efforts réalisés indiquent que l'équipe est en bonne voie pour atteindre la cible fixée, des actions de valorisation peuvent être mises en place. L'action menée dans ce cas est la suivante :

- * **Action de valorisation (Va1)** : « Recurring cost cup » : événement visant à récompenser l'équipe qui a permis d'économiser un maximum de coûts récurrents.

VI.2 Description des expériences projet liées au suivi et au pilotage

Nous décrivons dans ce paragraphe comment les méthodes et outils présentés ont été utilisés lors des opérations DtC, nous identifions également les dysfonctionnements associés à chaque opération (voir Figure 33).

- * **Opération 1** : l'outil de suivi OS1 a été utilisé et permettait d'avoir une bonne vision de la situation. Cependant, lorsqu'un acteur extérieur de la hiérarchie souhaitait regarder dans le détail les opportunités pour comprendre d'où venaient les gains de coût, il avait du mal à comprendre leur contenu (leur formalisation ne permettait à quelqu'un d'extérieur à l'équipe de les comprendre). Les indicateurs utilisés (In1) ne permettaient pas de savoir si la cible serait atteinte et n'aidaient pas à décider de l'action à mener. Afin de féliciter les acteurs efficaces dans leur proposition d'opportunités, une action de valorisation de type Va1 a été organisée.
- * **Opération 4** : l'outil de suivi OS1 a été utilisé et l'écart à la cible pouvait être mesuré. Cependant les indicateurs In1 utilisés pour accompagner l'analyse de la situation ne permettaient pas de savoir si les cibles avaient de bonnes chances d'être atteintes ou non. De plus la formalisation des opportunités ne permettait pas aux acteurs de la hiérarchie de les comprendre. Dans ces conditions, il était difficile de mettre en place des actions correctives ou valorisantes.
- * **Opération 7** : cette opération s'est déroulée sur une période très courte. Ainsi le suivi de l'écart à la cible par l'outil OS1 a suffi. La formalisation des opportunités ne permettait pas aux acteurs de la hiérarchie de les comprendre. Il y avait tellement peu d'opportunités qui émergeaient qu'on était en mesure de dire sans indicateur que la cible ne serait pas atteinte.
- * **Opération 9** : l'outil de suivi OS1 a été utilisé. Le progrès des opérations DtC était suivi à l'aide des indicateurs In1 et In2. Aucune action faisant suite à l'analyse de la situation n'a été menée car les cibles n'étaient pas allouées.

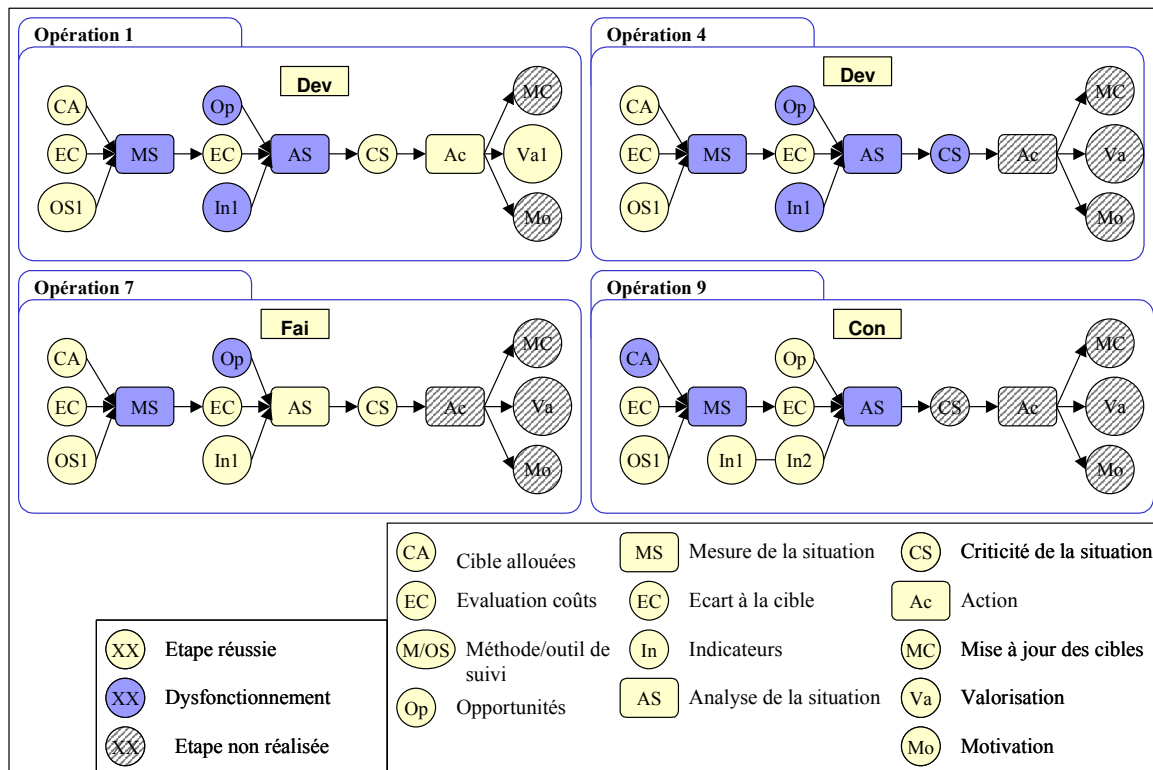


Figure 33 - Expérience en suivi et pilotage

VI.3 Possibles dysfonctionnements liés au suivi et au pilotage

L'étude des opérations DTC nous permet d'identifier les dysfonctionnements liés au suivi et au pilotage (voir Figure 34), ils sont de quatre natures :

- * la mesure de la situation n'est pas réalisée,
- * la mesure de la situation est faussée,
- * l'analyse de la situation est erronée,
- * les actions ne sont pas adaptées.

Les conséquences peuvent être de deux natures différentes : une mauvaise gestion des cibles peut entraîner une mauvaise perception du DTC par les acteurs projets et/ou menacer l'optimisation des coûts.

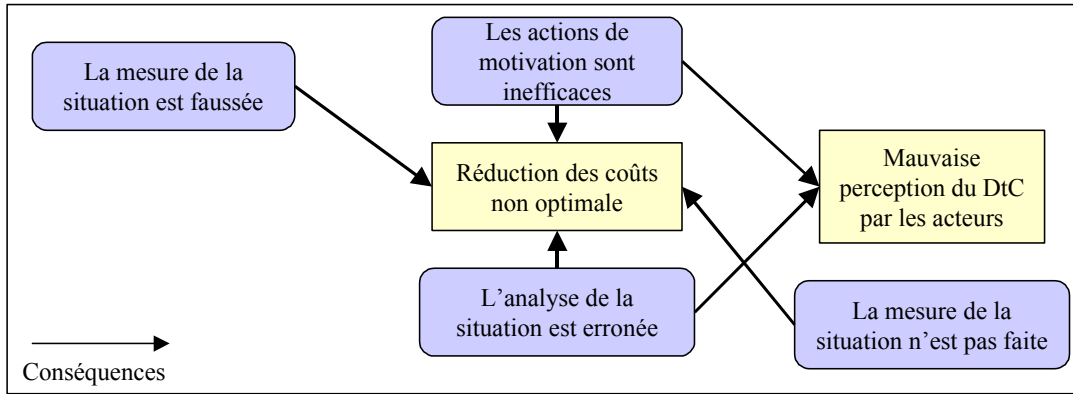


Figure 34 - Dysfonctionnements liés au suivi et au pilotage

Après avoir identifié les dysfonctionnements liés au suivi et au pilotage, nous avons étudié dans le détail chacun d'entre eux afin d'identifier les problèmes à l'origine de ces dysfonctionnements (voir Figure 35).

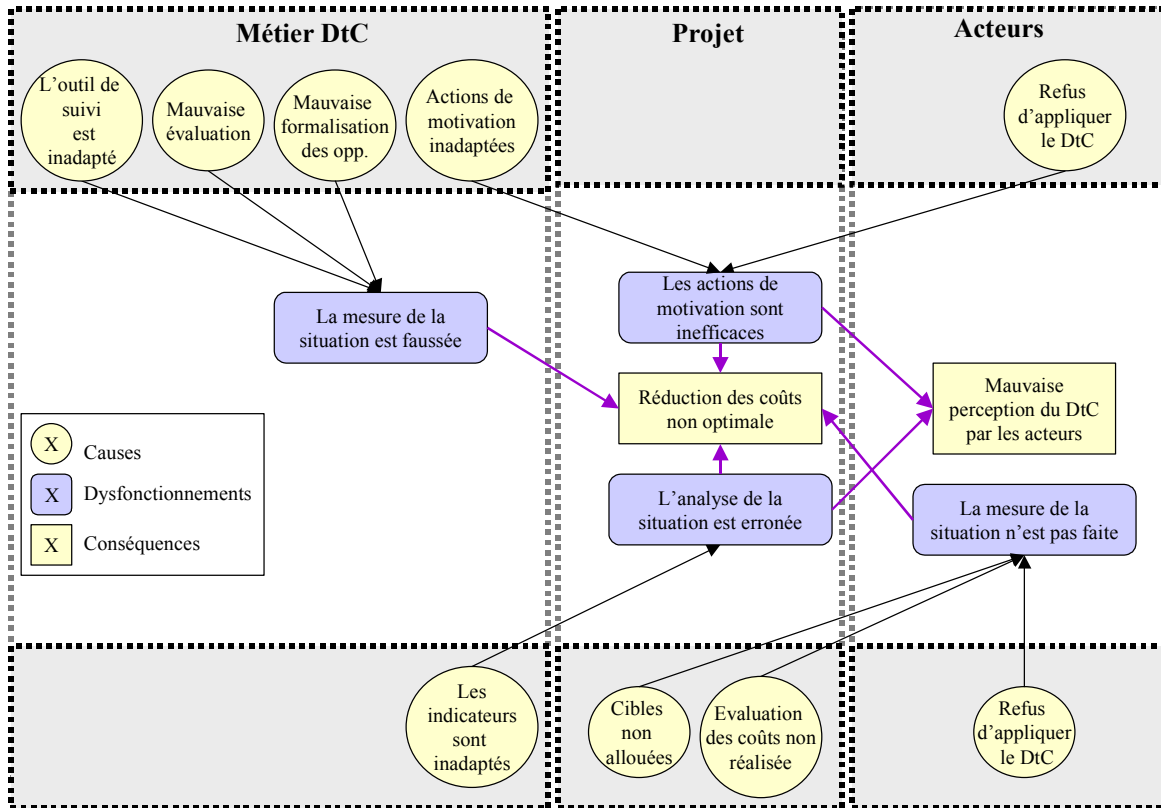


Figure 35 - Problèmes liés au suivi et au pilotage

Nous avons identifié cinq classes causes de dysfonctionnement liées au métier DtC :

- * *L'outil de suivi est inadapté* : le schéma de suivi ne permet pas de mesurer l'écart à la cible.

- * *L'évaluation est mauvaise* : il existe deux types d'erreurs dans l'évaluation : soit l'évaluation des impacts des opportunités validées pour mise en place est fautive, soit l'évaluation de la solution de référence est en décalage avec la réalité.
- * *La formalisation des opportunités est mauvaise* : deux causes sont associées à une mauvaise formalisation des opportunités : soit les opportunités sont mal renseignées (il manque des informations ou les informations ne sont pas détaillées), soit le formalisme ne permet pas une compréhension partagée des informations qui doivent être fournies.
- * *Les actions de motivation sont inadaptées* : lorsque l'analyse de la situation est erronée, les actions de motivation peuvent être inadaptées et par conséquent inefficaces.
- * *Les indicateurs sont inadaptés* : les indicateurs doivent permettre d'identifier si la cible a de bonnes chances d'être atteinte ou non. Aujourd'hui les indicateurs permettent d'identifier le nombre d'opportunités disponibles mais ne donnent pas d'indication sur la probabilité d'atteindre la cible.

Les causes de dysfonctionnement liées au projet sont de deux types :

- * *Les cibles ne sont pas allouées* : des cibles non allouées empêchent de mesurer l'écart à la cible, notons que cela n'empêche pas de suivre la progression des opérations DtC.
- * *L'évaluation des coûts n'est pas réalisée* : un manque de ressources ou des informations projet indisponibles peuvent expliquer que l'évaluation des coûts du produit n'est pas réalisée, dans ce cas, la mesure de l'écart à la cible est impossible.

Nous identifions une cause de dysfonctionnement liées aux acteurs :

- * *Les acteurs refusent d'appliquer le DtC* : les actions mises en place pour rectifier une situation peuvent s'avérer inefficaces si les acteurs ne souhaitent pas appliquer le DtC. Cela peut également expliquer que la mesure de la situation ne soit pas effectuée.

VII. Cartographie des dysfonctionnements liés au déploiement du Design to Cost

Cet état des lieux nous a permis d'identifier deux types de classification des dysfonctionnements liés aux objectifs des équipes DtC. Soit nous les classons par étape DtC (gestion des cibles, gestion des opportunités, suivi et pilotage), soit nous les classons par problématiques transverses (métier DtC, projet, acteurs). Le Tableau 14 synthétise les problèmes liés au déploiement du DtC sur les projets.

	Métier DtC	Projet	Acteurs
Gestion des cibles	<ul style="list-style-type: none"> - Stratégie de communication des cibles inadaptée - Méthode d'allocation mauvaise 	<ul style="list-style-type: none"> - Informations projet non disponibles - Cible produit non disponible - Cible produit non réaliste 	<ul style="list-style-type: none"> - Informations projet faussées - Refus d'appliquer le DtC
Gestion des opportunités	<ul style="list-style-type: none"> - Formalisation des opportunités inadaptée - Gestion du portefeuille d'opportunités inadaptée - Méthode de créativité inadaptée 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de ressources pour l'évaluation - Informations projet non disponibles - Cibles non allouées - L'opportunité modifie des paramètres gelés - Manque de marge de manœuvre pour réduire les coûts 	<ul style="list-style-type: none"> - Incompatibilité entre attentes DtC et acteurs - Rétention d'information - Acteurs non motivés par le DtC
Suivi et pilotage	<ul style="list-style-type: none"> - Outil de suivi inadapté - Actions de motivation inadaptée - Indicateurs inadaptés 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à jour des cibles trop fréquentes - Evaluation des coûts non réalisée - Cibles non allouées 	<ul style="list-style-type: none"> - Refus d'appliquer le DtC - Rétention d'information

Tableau 14 - Cartographie des problèmes liés à la maîtrise des coûts sur les projets

Nous avons vu dans le chapitre 3 que nous nous concentrons dans le cadre de notre recherche sur les dysfonctionnements liés au métier DtC.

Synthèse

Nous avons identifié dans cette partie les dysfonctionnements qui menacent l'efficacité de la maîtrise des coûts sur les projets. Nous les avons classés dans trois domaines :

1. dysfonctionnements liés au métier DtC,
2. dysfonctionnements liés au contexte projet,
3. dysfonctionnements liés aux acteurs.

Nous allons nous concentrer dans notre recherche sur les dysfonctionnements liés au métier DtC.

Partie 3 – Propositions

Chapitre 7 : Processus DtC basé sur l'amélioration de la gestion des connaissances

Résumé

Notre approche réside dans une amélioration des méthodes et des outils DtC reposant sur des mécanismes de gestion des connaissances. La littérature aborde peu la notion de gestion des connaissances associée à la maîtrise des coûts. Cependant, ce domaine fait l'objet de travaux liés à la problématique des connaissances dans une organisation par projets. Nous nous inspirons donc de ces approches pour définir quatre processus dits « standards » visant à optimiser le fonctionnement de cellules spécialisées dans une organisation par projet. Nous intégrons ces processus au processus DtC standard afin de proposer un nouveau processus permettant une meilleure maîtrise et une meilleure intégration des coûts en conception.

I. Démarche proposée

La démarche que nous proposons est représentée par la Figure 36. Nous proposons de résoudre les dysfonctionnements relatifs à la maîtrise des coûts en conception et liés au métier DtC en améliorant la gestion des connaissances relatives à la maîtrise des coûts (lien 4 sur la Figure 36). La littérature souligne que l'intégration d'un nouveau domaine se fait entre autre au niveau des connaissances et au niveau de la conception. Nous en déduisons que l'amélioration de la gestion des connaissances (relatives à la maîtrise des coûts) et la résolution de dysfonctionnements permettent d'améliorer l'intégration des coûts (lien 1 et 2 sur la Figure 36). Le lien 3 représente le fait que la résolution de dysfonctionnements liés au métier DtC permet d'améliorer la maîtrise des coûts en conception.

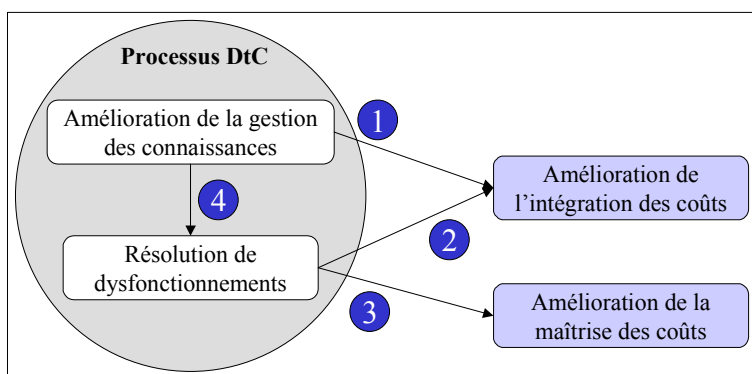


Figure 36 - Démarche proposée pour améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception

La démarche proposée pour définir un nouveau processus de maîtrise des coûts contient trois étapes :

1. **définition de processus « standards »** de gestion des connaissances en nous appuyant sur la littérature relative à ce domaine ;
2. **analyse des besoins** associés à la gestion des connaissances pour le processus de maîtrise des coûts chez Airbus et Eurocopter (les processus standards sont utilisés pour l'analyse des besoins) ;
3. **proposition d'un nouveau processus DtC** permettant de résoudre certains dysfonctionnements relatifs à la maîtrise des coûts en conception et liés au métier DtC, en améliorant la gestion des connaissances.

II. Définitions préliminaires

Longueville [LONGUEVILLE B., 2003] définit la Gestion des Connaissances comme “*un processus qui vise l'optimisation de l'utilisation des connaissances de l'entreprise*”. Cependant, il est

nécessaire de considérer dans quelle mesure cet effort d'optimisation peut être affecté par certaines caractéristiques organisationnelles. Ceci fait l'objet de cette section.

II.1 Gestion des connaissances et organisation par projet

Par définition, un projet de conception de produit innovant est « *un effort temporaire entrepris pour concevoir un produit unique* ». Nous étendons cette définition aux projets aéronautiques du fait de l'unicité et du caractère non récurrent des produits conçus. Ces deux caractéristiques intrinsèques mettent à mal la transmission et la pérennisation des savoir-faire [LONGUEVILLE B., 2003]:

1. **Unicité** : les fournitures des projets sont uniques, ils dépendent du contexte dans lequel ils ont été conçus. Il est donc, par nature, difficile de réutiliser les résultats d'un projet passé par manque de généralité. Sans adaptation, les connaissances acquises et utilisées durant un projet ne sont donc pas réutilisables et appropriables directement dans un autre contexte.

2. **Durée limitée** : un projet possède une date de fin à partir de laquelle les équipes qui ont participé au projet sont dispersées vers de nouvelles activités. Les processus et l'organisation mis en place durant son exécution ne sont donc pas pérennes. Les seules traces subsistant du projet sont ses résultats, la documentation associée et la mémoire des individus.

Ainsi la gestion des connaissances dans une organisation par projets est particulièrement délicate, cette difficulté est d'autant plus grande pour les connaissances associées à une cellule spécialisée. Cela est dû à la double nature du processus de conception ; il doit concilier deux logiques : une dynamique des produits (liée aux objectifs des projets) et une dynamique des savoirs et des apprentissages (liée aux objectifs de l'entreprise) [MOISDON J.-C. *et al.*, 1998].

II.2 Gestion des connaissances et cellules spécialisées

Nous nous intéressons dans notre étude au cas particulier de la gestion des connaissances d'une cellule spécialisée. Nous définissons une cellule spécialisée comme une entité support au projet²⁷ ; son rôle est de définir un cadre de travail et un ensemble de méthodologies pour un domaine précis [TISSOT A., 2005]. Généralement, les cellules spécialisées créent une grande partie de leurs connaissances au cours de projets. L'expertise d'une cellule spécialisée dépend donc grandement de sa capacité à capitaliser et rendre exploitables les connaissances créées sur les projets passés.

II.3 Connaissances projet et connaissances hors-projet

Ben Mahmoud-Jouni [BEN MAHMOUD-JOUNI S., 2004] distingue les connaissances créées dans le projet et celles créées en dehors de ce dernier. Nous parlerons de connaissances projet et connaissances hors-projet.

²⁷ Les équipes DTC sont des cellules spécialisées.

Les connaissances projets sont les connaissances spécifiques à un projet. A titre d'exemple, dans le cas du DtC, les connaissances projets sont les allocations proposées relatives à un produit ou encore les opportunités de réduction des coûts proposées au cours d'un projet. *Les connaissances hors-projet sont les connaissances qui ne sont pas spécifiques à un projet et ont été générées par le biais d'une réflexion menée en dehors d'un projet.* Pour l'équipe DtC, les connaissances hors-projets sont les méthodes, outils ou connaissances constituant l'expertise de l'équipe DtC.

III. Processus de gestion des connaissances pour une cellule spécialisée

Dans notre contexte, nous identifions deux types de connaissances à capitaliser lors des projets : les connaissances DtC spécifiques à un projet et les apprentissages issus de l'expérimentation des connaissances sur les projets (développées en dehors du projet). Et nous identifions deux types de connaissances DtC à utiliser au cours d'un projet : les connaissances capitalisées relatives aux projets passés et les connaissances hors-projet qui sont enrichies par les retours d'expérience issus de leurs expérimentations successives au cours de projets passés.

Nous proposons alors quatre processus relatifs à la gestion des connaissances pour une cellule spécialisée dans une organisation par projets :

- 1. création de connaissances hors-projet,*
- 2. application et mise à jour des connaissances hors-projet,*
- 3. capitalisation des connaissances projet,*
- 4. exploitation des connaissances projet passées pour améliorer la création de connaissances sur le projet en cours.*

Nous ne parlons pas ici de la création de connaissances projet car si l'équipe DtC peut provoquer la création de connaissances, il ne s'agit pas d'une activité spécifiquement liée à l'équipe DtC mais à l'ensemble des acteurs du projet.

III.1 Création de connaissances hors-projet

La création de connaissances par une cellule spécialisée est indispensable pour valoriser l'expertise de la cellule auprès des acteurs projet [BEN MAHMOUD-JOUNI S., 2004]. Il s'agit d'une connaissance non dédiée à une mise en œuvre particulière.

La Figure 37 représente le processus de création de nouvelles connaissances hors-projet. L'expression d'un besoin lance une réflexion au sein de la cellule spécialisée pour créer de nouvelles connaissances. Les acteurs de la cellule s'appuient sur les connaissances projets et/ou hors-projet pour définir ces nouvelles connaissances. Par exemple, avant que l'outil DtC soit créé, des fiches DtC sous format Excel étaient utilisées pour formaliser les opportunités de réduction des coûts. L'utilisation sur les projets de ces fiches a fait émerger le besoin d'un outil informatique pour gérer ces fiches. La

nouvelle connaissance hors-projet dans cet exemple est l'outil DtC et le formalisme d'une fiche DtC sous format Excel appartient aux connaissances hors-projet.

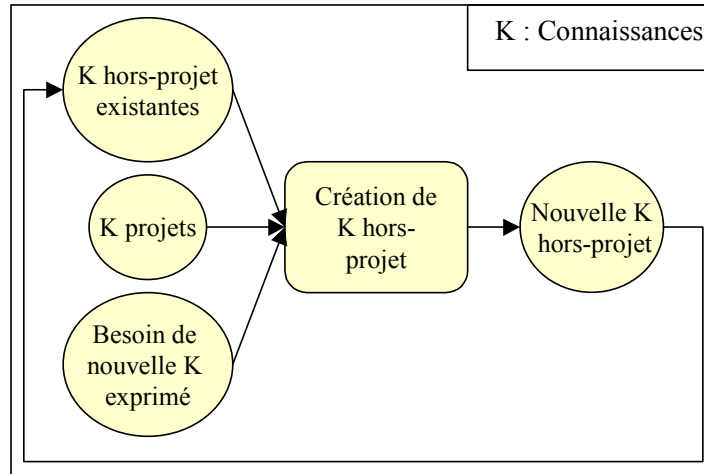


Figure 37 - Processus de création de connaissances hors-projet

III.2 Application et mise à jour des connaissances hors-projet

Ce processus itératif (voir Figure 38) consiste à mettre à disposition du projet les connaissances hors-projet. L'application de ces connaissances sur les projets permet aux cellules spécialisées d'une part de valoriser leur expertise auprès des acteurs projet, d'autre part de l'expérimenter. Des moyens de pérennisation des apprentissages devraient être mis en place, pour que l'expertise des cellules progresse d'un projet à l'autre.

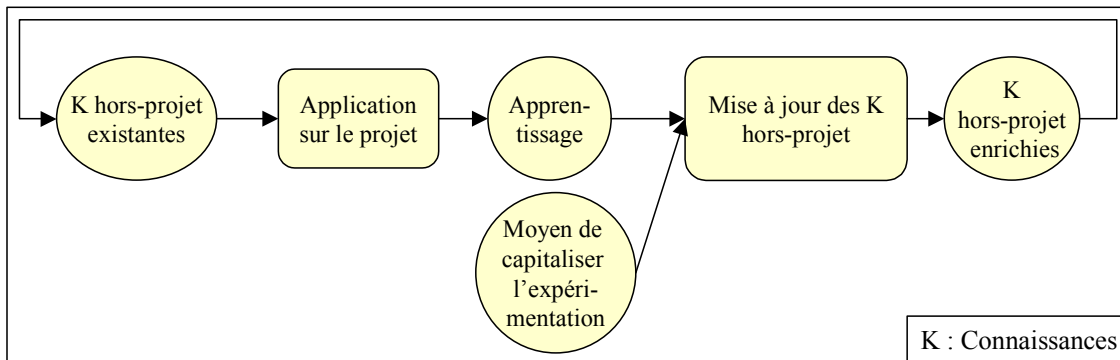


Figure 38 - Processus d'application et mise à jour des connaissances hors-projet

III.3 Capitalisation de nouvelles connaissances projets

L'objectif de la capitalisation est la réutilisation de l'information [STAL-LE CARDINAL J., 2000]. D'ailleurs, Midler [MIDLER C., 1993] souligne la difficulté associée à la capitalisation inter-projet en expliquant que « *la dédicace aux projets ne favorise pas l'échange et la capitalisation inter-projet* ». Selon Messeghem [MESSEGHEM K. et al., 2004] « *du fait du cloisonnement souvent*

hermétique entre projet et métier, la gestion des connaissances est avant tout individuelle. De plus, la capitalisation des connaissances ne fait pas souvent l'objet de formalisation, ces dernières sont avant tout tacites (savoir-faire, compétences, histoire, mythe ou encore valeurs), donc difficilement exprimables et exploitables entre métier et projet mais aussi d'un projet à l'autre ».

Le troisième processus (voir Figure 39) consisterait à capitaliser les connaissances projets au fur et à mesure de leur création. La capitalisation pourrait se faire par l'intermédiaire de modèles de formalisation qui devraient permettre de rendre compréhensibles celles-ci en dehors de leur contexte de création. Les nouvelles connaissances projet pourraient être soit des connaissances relatives au projet en cours par opposition aux connaissances en référence à des projets passés, soit des connaissances issues d'autres disciplines/métiers. Nous utilisons le terme « nouvelles connaissances projet » et non « connaissances relatives à un nouveau projet », car il est possible qu'au cours du même projet, des connaissances soient capitalisées puis utilisées par un métier différent ou mises en œuvre sur une partie différente de l'avion.

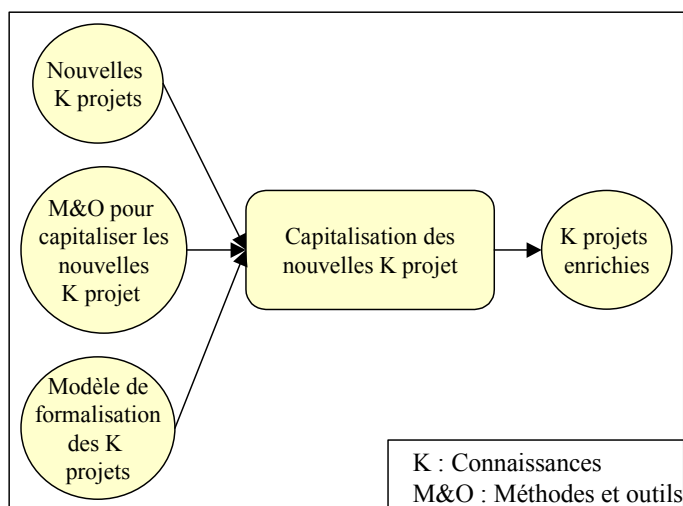


Figure 39 - Processus de capitalisation des nouvelles connaissances projets

III.4 Utilisation des connaissances projets passés

Le processus (voir Figure 40) consiste à mettre à disposition du projet en cours, les connaissances capitalisées qui peuvent être exploitables. La difficulté liée à ce processus réside dans l'identification des connaissances applicables associées à un contexte donné.

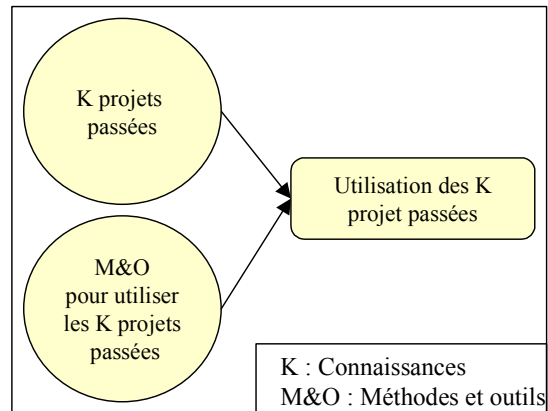


Figure 40 - Processus d'utilisation des connaissances projets passées

Nous avons donc défini quatre processus standards relatifs à la gestion des connaissances d'une cellule spécialisée dans une organisation par projets. Nous utilisons ces processus dans le paragraphe suivant pour identifier les besoins de la cellule DtC relativement à la gestion des connaissances.

IV. Analyse du processus DtC en terme de gestion des connaissances

IV.1 Connaissances DtC projets et hors-projet

Nous listons dans le Tableau 15 les connaissances projet et hors-projet liées au processus DtC.

	Connaissances projet	Connaissances hors-projet
Gestion des cibles	<ul style="list-style-type: none"> * Cible produit * Allocation de cible 	<ul style="list-style-type: none"> * Méthode d'allocation de cible * Stratégie de communication
Gestion des opportunités de réduction des coûts	<ul style="list-style-type: none"> * Opportunités et informations associées 	<ul style="list-style-type: none"> * Méthodes et outils de créativité * Modèle de formalisation * Méthodes et outils de gestion d'un portefeuille d'opportunités
Suivi et pilotage	<ul style="list-style-type: none"> * Evaluation des coûts * Courbe d'atteinte ou non de la cible pour chaque sous-ensemble 	<ul style="list-style-type: none"> * Méthode et outils de suivi * Indicateurs

Tableau 15 - Connaissances projets et hors-projet pour le processus DtC

Pour chacune des connaissances identifiées dans le Tableau 15, nous étudions les processus de gestion des connaissances chez Airbus et Eurocopter.

IV.2 Création de connaissances hors-projet dans le processus DtC

La création de connaissances hors-projet est déclenchée par l'expression d'un besoin. Les dysfonctionnements relatifs à la maîtrise des coûts montrent qu'il existe de nombreux besoins en connaissances hors-projet. Nous avons formulé ces besoins, il faut à présent créer des connaissances hors-projet qui permettent d'y répondre.

IV.3 Application et mise à jour des connaissances hors-projet dans le processus DtC

Actuellement, deux moyens sont utilisés pour capitaliser les expériences relatives à l'application de connaissances hors-projet :

- * *MCE²⁸1 : Réunions hebdomadaires DtC* : Pour échanger sur les méthodes appliquées et les apprentissages associés, l'équipe DtC se réunit de façon hebdomadaire. Durant ces réunions de deux heures, chacun explique les pratiques mises en place et les effets observés (succès ou échecs).
- * *MCE2 : Réunions pour préparer l'évolution de l'outil DtC²⁹*. Une nouvelle version de l'outil DtC (décrit au chapitre 6) est proposée régulièrement et à cette occasion les besoins d'évolution sont recueillis auprès des acteurs DtC.

En utilisant le processus standard relatif à l'application et à la mise à jour des connaissances hors-projet, nous avons étudié les pratiques relatives à ce processus pour définir les besoins associés.

Nous n'avons pas identifié de besoins spécifiques relatifs à ce processus. Les réunions hebdomadaires sont suffisantes pour partager les bonnes pratiques des acteurs DtC car les équipes sont réduites (environ 10 personnes). De plus, les apprentissages relatifs aux fonctionnalités de l'outil sont exploités lors des réunions dédiées à l'évolution de l'outil.

IV.4 Capitalisation et utilisation de nouvelles connaissances DtC projet

Nous étudions ici simultanément les besoins relatifs à la capitalisation et à l'utilisation de nouvelles connaissances DtC projet. Les besoins relatifs à ces deux processus sont en effet liés. Les besoins de capitalisation dépendent de la façon dont les connaissances capitalisées seront utilisées.

Les moyens utilisés pour capitaliser les nouvelles connaissances projet, sont listés ci-dessous :

- * *MC1 : documents DtC* : les informations DtC sont retranscrites dans des documents DtC, il s'agit d'un moyen de formaliser les connaissances projet.
- * *MC2 : documents projet* : les informations DtC sont retranscrites dans des documents projet.

²⁸ MCE : Moyen utilisé pour Capitaliser les Expériences

²⁹ L'outil DtC accompagne la formalisation des opportunités, la gestion du portefeuille d'opportunités DtC et le suivi de l'atteinte de la cible (voir chapitre 6).

Pour le modèle de formalisation, nous distinguons uniquement le cas où il existe un modèle de formalisation (MF1) et le cas où il n'existe pas de modèle de formalisation (MF2).

Il n'existe qu'un outil permettant de réutiliser les connaissances projets passés, il s'agit de l'outil DtC permettant de rechercher des opportunités proposées lors des projets passés (UC2). Pour les autres connaissances projets passées, il n'existe pas d'outil permettant leur réutilisation (UC1).

Nous décrivons dans la Figure 41 les besoins relatifs aux connaissances DtC projets. Pour les cibles produit, l'allocation des cibles et l'évaluation des coûts des appareils existants, les informations sont contenues dans les documents projets, mais aucun modèle de formalisation n'est défini et il n'existe pas de base de données regroupant ces informations. Les courbes d'atteinte de la cible dans le temps sont contenues dans les documents de suivi des opérations DtC mais ne sont pas regroupées au même endroit et leur formalisation est différente pour chaque programme. Enfin, les opportunités de réduction des coûts sont formalisées selon le modèle défini par l'outil DtC. Cependant celui-ci ne permet pas de comprendre le contenu de l'opportunité, il ne permet pas non plus d'identifier les opportunités applicables dans un contexte donné.

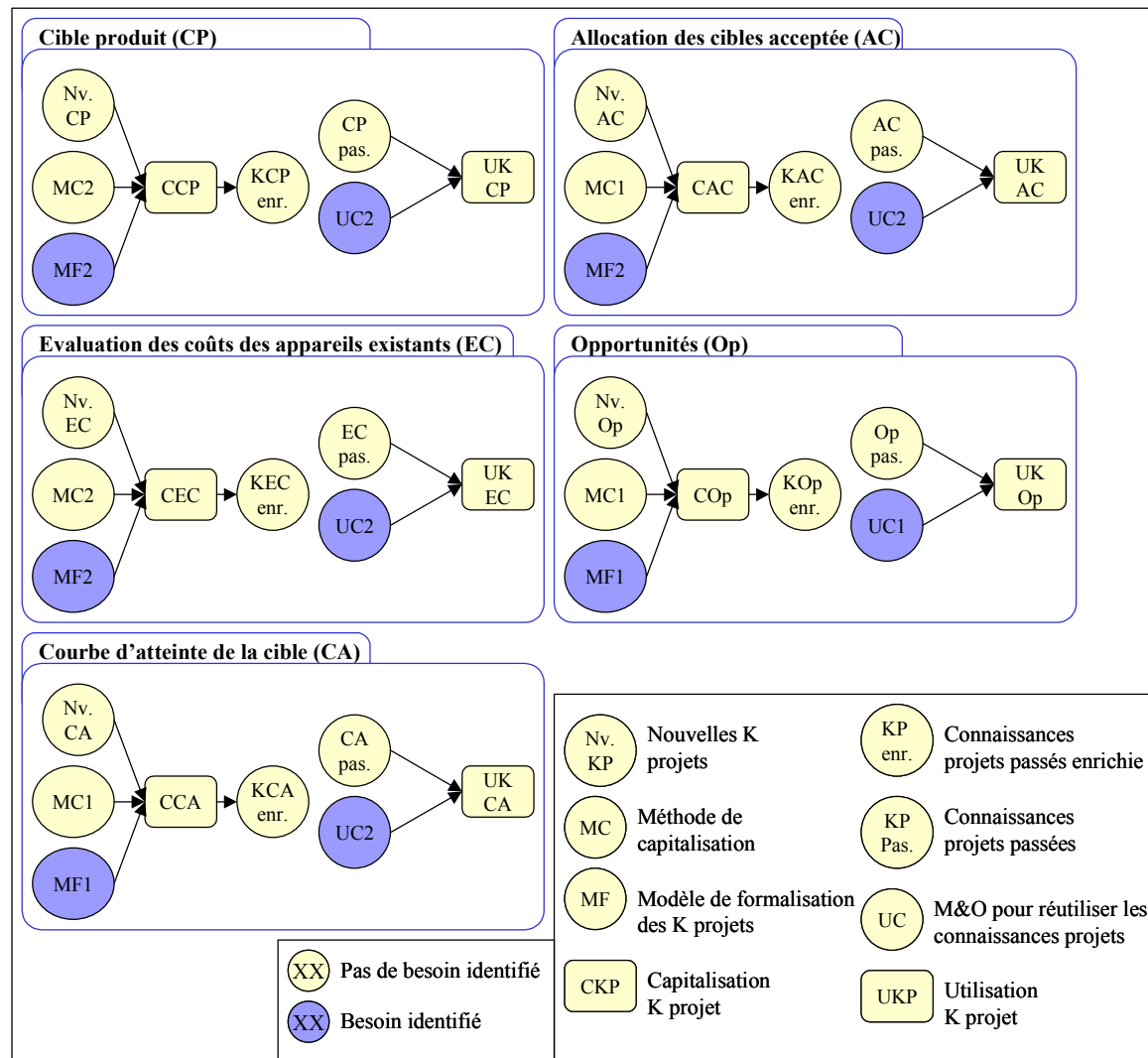


Figure 41 - Capitalisation et utilisation de nouvelles connaissances DtC projets

V. Proposition d'un processus DtC

Nous proposons ici un nouveau processus DtC visant à répondre à certains dysfonctionnements auxquels il nous apparaît être nécessaire d'apporter une réponse.

V.1 Gestion des cibles

Deux dysfonctionnements liés au métier DtC sont identifiés pour la gestion des cibles :

- * stratégie de communication inadaptée,
- * méthode d'allocation inadaptée.

Nous concentrons notre proposition relative à la gestion des cibles sur la méthode d'allocation des cibles car nous avons pu observer que les acteurs du projet sont souvent déçus lorsqu'ils doivent réaliser une allocation. Les supports à la réalisation de cette allocation peuvent être les

allocations réalisées sur les précédents projets ainsi que les structures de coûts des appareils existants. Ces informations ne sont pas toujours faciles à obtenir et sont parfois dispersées dans l'entreprise. Il faudrait par exemple mettre à disposition des personnes responsables de l'allocation, une base regroupant la décomposition des coûts sur les avions précédents et les allocations réalisées sur les projets passés.

La connaissance hors-projet nécessaire pour ce nouveau processus est un modèle de formalisation pour l'allocation des cibles permettant la compréhension des cibles par tous.

Le processus que nous proposons pour la gestion des cibles est défini en Figure 42. Nous complétons le processus standard de gestion des cibles défini au chapitre 4.

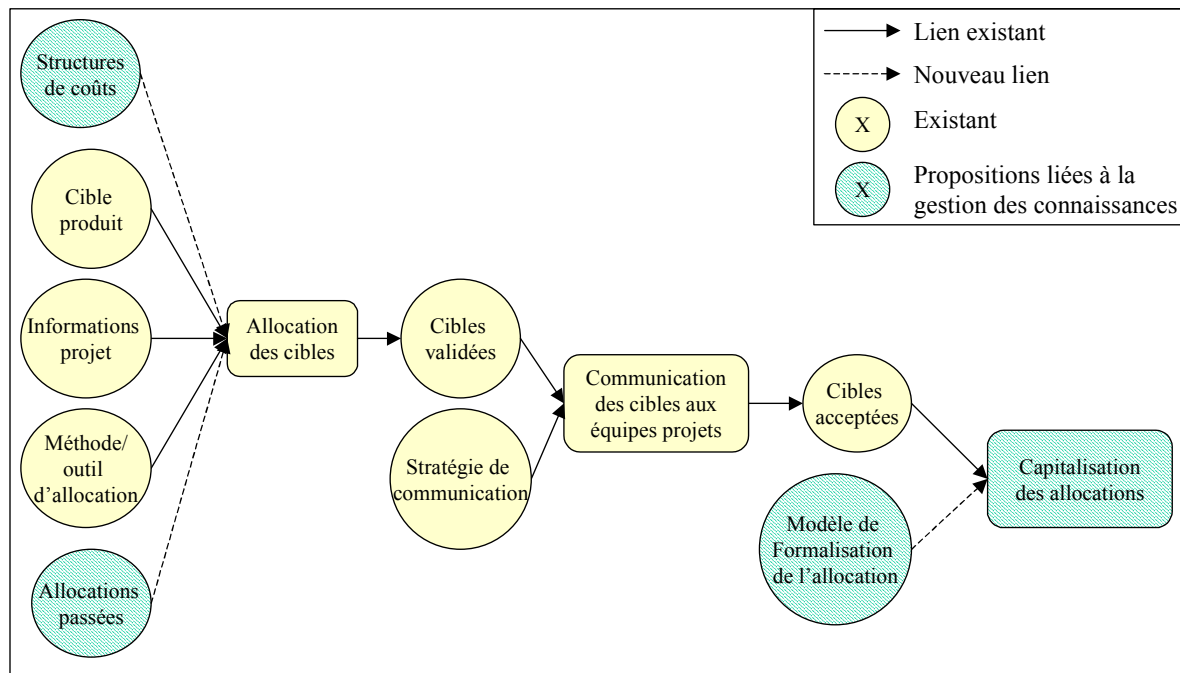


Figure 42 - : Proposition d'un processus de gestion des cibles intégrant la gestion des connaissances

V.2 Gestion des opportunités de réduction des coûts

Trois dysfonctionnements liés au métier DtC sont identifiés pour la gestion des opportunités de réduction des coûts :

- * formalisation des opportunités inadaptée,
- * gestion du portefeuille d'opportunités inadaptée,
- * méthode de créativité inadaptée.

Nous proposons pour la gestion des opportunités de réduction des coûts, de régler certains des dysfonctionnements liés aux méthodes de créativité par la réutilisation des opportunités passées. Pour cela nous proposons de créer notamment les connaissances hors-projet suivantes :

- * **Typologie de modifications** (voir chapitre 8) : Cette typologie basée sur l'analyse des opportunités des projets passés est une liste des actions de modification menées par les équipes DTC pour réduire les coûts. Cela donnerait une bonne vision des types de réduction de coûts possibles. Cette typologie pourrait être intégrée au modèle de formalisation des opportunités ;
- * **Liste d'inducteurs de coût** (voir chapitre 8) : liste qui devrait permettre de faciliter la compréhension de « ce qui fait le coût » lorsque l'on cherche à réduire le coût d'un sous-ensemble³⁰. Cette liste pourrait être complétée au fur et à mesure des projets. Cette liste d'inducteurs de coût pourrait être intégrée au modèle de formalisation des opportunités ;
- * **Outil permettant de retrouver les opportunités passées applicables dans un contexte de conception donné** : Depuis peu les opportunités sont rassemblées dans une base de données ; cependant les requêtes relatives à cette base de données sont limitées et ne sont utiles que lorsque l'on est en mesure de caractériser précisément les opportunités recherchées. L'outil décrit est basé sur un modèle de formalisation des opportunités (voir chapitre 9) [ANGENIOL S. *et al.*, 2006] ; il permet de faciliter la recherche d'opportunités applicables dans un contexte spécifique.

Le processus que nous proposons pour la gestion des opportunités de réduction des coûts est représenté sur la Figure 43. Nous complétons le processus standard de gestion des opportunités défini au chapitre 4.

³⁰ Nous verrons en détail cette notion dans le chapitre 8. A titre d'exemple, les inducteurs de coûts d'une poutre sont : sa section, sa longueur et son matériau.

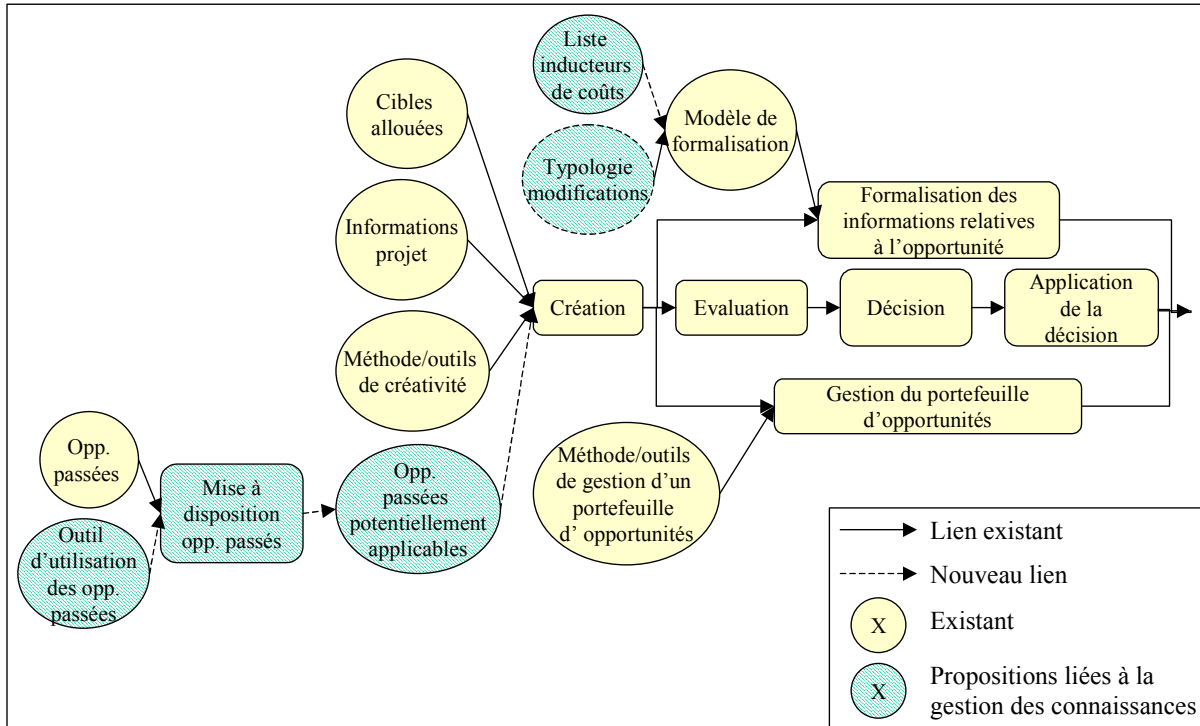


Figure 43 - Proposition d'un processus de gestion des opportunités de réduction des coûts intégrant la gestion des connaissances

V.3 Suivi et pilotage

Trois dysfonctionnements sont identifiés pour l'étape de suivi / pilotage :

- * outil de suivi inadapté,
- * indicateurs inadaptés,
- * actions de motivation inadaptées.

Nous proposons de nouveaux indicateurs pour le processus de suivi et pilotage. Ce modèle d'indicateurs permet d'évaluer la situation d'une équipe par rapport à l'atteinte d'une cible (voir encadré ci-dessous).

$- \%C_{\text{consolidé}} = (C_{\text{actuel}} - C_{\text{cible}}) / (C_{\text{initial}} - C_{\text{cible}})$ $- \%M_{\text{consolidé}} = (M_{\text{actuelle}} - M_{\text{cible}}) / (M_{\text{initiale}} - M_{\text{cible}})$ $- \% \text{temps écoulé}$ $- C_{\text{en stock}} = \sum C_{\text{idée en cours}} * \text{Coefficient faisabilité}$ $- M_{\text{en stock}} = \sum M_{\text{idée en cours}} * \text{Coefficient faisabilité}$

Ainsi la comparaison de pourcentage de coûts consolidé³¹ ($\%C_{\text{consolidé}}$) par rapport au pourcentage de temps écoulé ($\% \text{temps écoulé}$) donne une vision de l'avancement du projet. Le coût en

³¹ Le coût consolidé est le gain de coûts permis par les opportunités validées pour application.

stock³² ($C_{en\ stock}$) représente l'espérance de gains liée aux opportunités en cours de validation ; l'objectif du coefficient de faisabilité est de donner plus de poids aux opportunités qui ont plus de probabilité d'être mises en place. C'est un coefficient compris entre 0 et 1, il grandit avec la faisabilité d'une opportunité.

Cependant, pour utiliser ces indicateurs, une courbe idéale d'atteinte de la cible est nécessaire. En effet, il est difficile de savoir si une cible a de bonnes chances d'être atteinte ou non (faut-il que le nombre d'opportunités proposées soit très important au début ou faut-il qu'il augmente progressivement ?). Nous proposons de construire cette courbe par l'analyse des courbes d'atteinte des cibles sur les projets précédents.

La Figure 44 représente le processus de suivi et pilotage proposé.

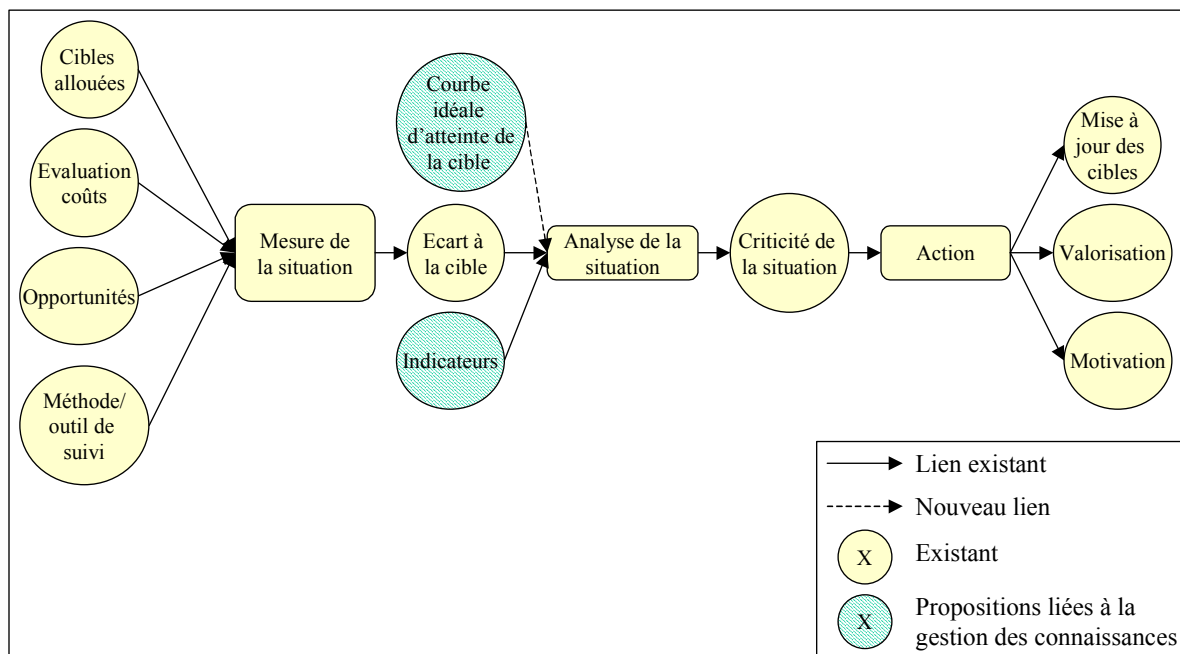


Figure 44 - Proposition d'un processus de suivi et pilotage intégrant la gestion des connaissances

V.4 Synthèse

Pour chacune des étapes du Design to Cost, nous proposons un nouveau processus qui intègre la gestion des connaissances pour résoudre certains dysfonctionnements ou manques liés au processus DTC actuel. Le Tableau 16 synthétise les connaissances projets que nous proposons d'utiliser pour résoudre ces dysfonctionnements.

³² Le coût en stock est l'espérance de gain de coût qui peut être réalisé après validation des opportunités jugées aisément faisables.

	Dysfonctionnements	Connaissances projets passés
Gestion des cibles	* Stratégie de communication des cibles inadaptée	* Aucune
	* Méthode d'allocation mauvaise	* Coûts par sous-ensemble (pour les appareils existants) et les caractéristiques principales de chaque sous-ensemble * Allocations passées
Gestion des opportunités de réduction des coûts	* Formalisation des opportunités inadaptée	* Aucune
	* Gestion du portefeuille d'opportunités inadaptée	* Aucune
	* Méthode de créativité inadaptée	* Opportunités proposées sur les projets passés et les informations associées
Suivi et pilotage	* Outil de suivi inadapté	* Aucune
	* Indicateurs inadaptés	* Courbe d'atteinte ou non de la cible dans le temps sur les projets passés
	* Actions de motivation inadaptée	* Aucune

Tableau 16 - Connaissances utilisées pour régler les dysfonctionnements liés au métier DTC

VI. Conclusion

Nous avons proposé un processus Design to Cost prenant en compte la notion de gestion des connaissances. Nous ne pouvons pas outiller et expérimenter l'ensemble du processus dans les délais imposés par notre recherche. Nous proposons de nous concentrer dans la suite du rapport exclusivement sur la gestion des opportunités de réduction des coûts³³. Nous donnons deux raisons à ce choix :

- * **Intérêt porté par les équipes** : nous avons demandé aux équipes de classer les thèmes d'expérimentation en fonction de l'intérêt qu'ils y portaient. Les équipes ont unanimement choisi la gestion des opportunités de réduction des coûts.
- * **Connaissances disponibles pour chacun des thèmes**³⁴ : notre proposition est basée sur la mise en place de flux de connaissances. L'expérimentation est donc d'autant plus pertinente que la quantité d'informations disponible est importante. Ce sont les données sur la gestion des

³³ Dans la suite du rapport, le terme « opportunité » signifiera par défaut « opportunité d'optimisation des coûts ».

opportunités qui sont les plus nombreuses. C'est donc également un aspect qui a guidé notre choix pour l'objet de l'expérimentation.

Synthèse

Nous proposons dans ce chapitre un complément au processus DtC intégrant la gestion des connaissances afin de résoudre certains dysfonctionnements liés au déploiement du DtC. Le Tableau 17 décrit les connaissances que nous proposons d'utiliser dans le processus DtC proposé.

	Dysfonctionnement	Connaissances projets	Connaissances hors-projet
Gestion des cibles	* Stratégie de communication des cibles inadaptée		
	* Méthode d'allocation inadaptée	* Coûts par sous-ensemble (pour les appareils existant) et les caractéristiques principales de chaque sous-ensemble * Allocations passées	* Modèle de formalisation de l'allocation
Gestion des opportunités de réduction des coûts	* Formalisation des opportunités inadaptée		
	* Gestion du portefeuille d'opportunités inadaptée		
	* Méthode de créativité inadaptée	* opportunités proposées sur les projets passés et les informations associées	* Typologie de modifications * Liste d'inducteurs de coût * Outil de réutilisation des opportunités
Suivi et pilotage	* Outil de suivi inadapté		
	* Indicateurs inadaptés	* Courbe d'atteinte ou non de la cible dans le temps sur les projets passés	* Nouveaux indicateurs * Courbe idéale d'atteinte de la cible dans le temps
	* Actions de motivation inadaptée		

Tableau 17 - Synthèse du processus proposé

³⁴ Gestion des cibles, gestion des opportunités de réduction des coûts, suivi / pilotage

Chapitre 8 : Liste d'inducteurs de coût et typologie de modifications

Résumé

L'objectif de ce chapitre est de définir deux nouvelles connaissances hors-projet relatives aux opportunités de réduction des coûts pour permettre la réutilisation des opportunités du passé. Après avoir précisé la notion d'opportunités de réduction des coûts chez Airbus et Eurocopter, nous proposons une liste d'inducteurs de coût récurrents ainsi qu'une typologie des modifications visant à réduire les coûts.

I. Objet de l'expérimentation : la gestion des opportunités de réduction des coûts

I.1 Définition des opportunités de réduction des coûts

Dans le cadre des opérations Design to Cost (DtC), les acteurs projet doivent proposer des opportunités de réduction des coûts permettant d'atteindre les cibles de coût. Nous proposons la définition suivante pour une opportunité :

Une opportunité de réduction des coûts est une alternative de conception dont l'application permettrait de réduire les coûts.

Nous donnons dans le Tableau 18 des exemples d'opportunités proposées sur des opérations DtC chez Airbus et Eurocopter. Nous constatons que les opportunités sont de natures variées et peuvent modifier aussi bien la définition des données de conception, que le contrat fournisseur ou encore le processus de fabrication d'un sous-système.

Exemples d'opportunités
* Utiliser une membrane en acier inox au lieu de titane
* Standardiser les épaisseurs de tôle
* Augmenter les diamètres de fixation pour diminuer le nombre de fixations
* Remplacer les moules classiques par des moules thermoformage
* Supprimer une graduation du vernier, gain d'une opération de gravure
* Utiliser un profilé filé pour réaliser la cornière
* Intégrer une fonctionnalité dans la version de base
* Renégocier le coût de réparation d'une partie de l'appareil
* Regrouper le transport de pièces d'une usine à l'autre

Tableau 18 - Exemples d'opportunités de réduction des coûts

I.2 Caractérisation des opportunités

Nous décrivons dans cette partie les caractéristiques des opportunités selon leur origine et la phase durant laquelle elles sont proposées.

I.2.1 Origine de l'opportunité

Il existe deux origines possibles pour une opportunité : hors opération DtC ou dans le cadre d'une opération DtC. Dans le premier cas, il s'agit d'alternatives créées par les acteurs projet dans le cadre de la conception qui peuvent éventuellement permettre de réduire les coûts. Les acteurs DtC sont sollicités pour réaliser l'évaluation multicritère. Ils sont chargés de récupérer les informations relatives à l'évaluation auprès des acteurs compétents et de présenter clairement les impacts de l'alternative en la comparant à la solution de référence. Dans le deuxième cas, les opportunités sont issues

d'opérations DtC. Les acteurs interviennent alors dans leur création, leur évaluation et dans le processus de décision. Le Tableau 19 synthétise les différences entre les opportunités issues de la conception et celles issues des processus DtC.

Origine de l'opportunité	Rôle de l'équipe DtC dans ...		
	... leur création	... leur évaluation	... le processus de décision associé
Processus de conception	Aucun	Les acteurs DtC sont chargés de récupérer les informations auprès des acteurs compétents pour l'évaluation et de formaliser les résultats de l'évaluation	Aucun
Opération DtC	Utilisation des méthodes et outils DtC pour susciter de nouvelles opportunités		Les acteurs DtC participent au processus de décision

Tableau 19 - Rôle des acteurs DtC selon l'origine d'une opportunité

1.2.2 Evolution des opportunités avec l'avancement du projet

La marge de manœuvre pour des modifications dans le cadre d'une opération DtC diminue avec l'avancement du projet [GRANGE P., 1996].

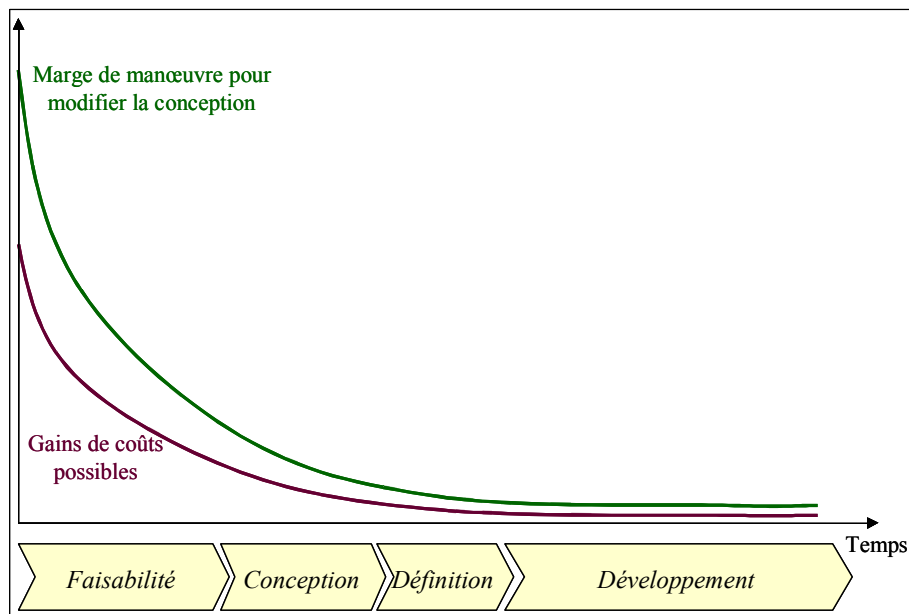


Figure 45 - Evolution des caractéristiques des opportunités avec l'avancement du projet

Les caractéristiques des opportunités évoluent également dans le temps (voir Figure 45). Nous caractérisons une opportunité par la taille de la modification et le gain de coût que sa mise en place induit. Ainsi, au début de la conception, les opportunités sont généralement associées à des tailles de modifications et des gains de coût importants, mais elles sont généralement peu nombreuses. Lorsque

la conception est avancée, les opportunités sont en général de petites modifications (car la marge de manœuvre est réduite), et les impacts sont réduits. Le nombre d'opportunités peut cependant être très important (de l'ordre de plusieurs milliers d'opportunités proposées pour un avion durant la phase de développement).

Pour la suite, nous ne différencions pas les opportunités ayant des origines ou impacts différents. Nous considérons cependant que les acteurs DtC interviennent dans les processus de création, d'évaluation et de décision liés à ces opportunités.

II. Proposition d'une liste d'inducteurs de coût

Roy définit un inducteur de coût (ou « cost driver ») comme tout facteur qui a une influence sur les coûts [ROY R. *et al.*, 2001]. Cette notion est principalement utilisée dans le domaine du chiffrage (par des méthodes comme l'Activity Based Costing). Cette notion est également utilisée dans le cadre des opérations DtC chez Airbus et Eurocopter. Les inducteurs de coût sont identifiés comme une des clés de compréhension et de réduction des coûts. L'équipe DtC Airbus a souligné sa volonté d'approfondir cette dimension. Nous avons donc étudié plus en détail cette notion afin de définir une liste des principaux inducteurs de coût dans le domaine de la conception aéronautique. Nous ne cherchons pas à en obtenir une liste exhaustive mais plutôt à identifier les plus fréquents pour faciliter la recherche d'opportunités de réduction des coûts. Nous nous intéressons au cas particulier des inducteurs de coût récurrents que nous définissons comme un paramètre dont la modification modifie sensiblement les coûts récurrents du produit.

Pour définir cette liste d'inducteurs de coût récurrents, nous avons étudié la littérature ([BELLUT S., 1990; GRANGE P., 1996; FERRIN B. G. *et al.*, 2002; GIFAS, 2003]) ainsi que les études réalisées chez Airbus.

Nous divisons la liste en trois parties distinctes, les inducteurs de coût récurrents liés :

1. à la définition du sous-ensemble,
2. à l'industrialisation d'un sous-ensemble,
3. aux achats.

Nous présentons ci-dessous la liste d'inducteurs de coût proposée. L'objectif de cette liste est de caractériser les opportunités de réduction des coûts. Concrètement, cela signifie que pour chaque opportunité, l'acteur qui la saisit doit parcourir la liste et sélectionner le ou les inducteurs de coût pertinents. La liste doit donc être suffisamment détaillée pour qu'elle permette d'apporter une information utilisable, mais elle ne doit pas être trop longue pour pouvoir être parcourue rapidement par les acteurs DtC. Après discussion avec les acteurs DtC, nous avons convenu que pour chaque partie (définition, industrialisation et achats), la liste ne devait pas dépasser 30 inducteurs de coût.

Nous décrivons sa mise en œuvre sur l'outil Airbus dans le chapitre 10. Nous évaluons cette liste dans le chapitre 11.

II.1 Inducteurs de coût récurrent liés à la définition du sous-ensemble

Comme synthétisé par Laborie [LABORIE F., 2006] sur la Figure 46, la conception et l'industrialisation d'un appareil se font progressivement en descendant dans les niveaux de détail au fur et à mesure de la conception. Chez Airbus, quatre niveaux de définition sont définis : le niveau avion, le niveau tronçon, le niveau work package et le niveau pièce élémentaire. Pour ne pas rentrer dans le détail des inducteurs de coût liés à chaque niveau de conception, nous parlons de sous-ensemble pour identifier le niveau de définition auquel nous sommes.

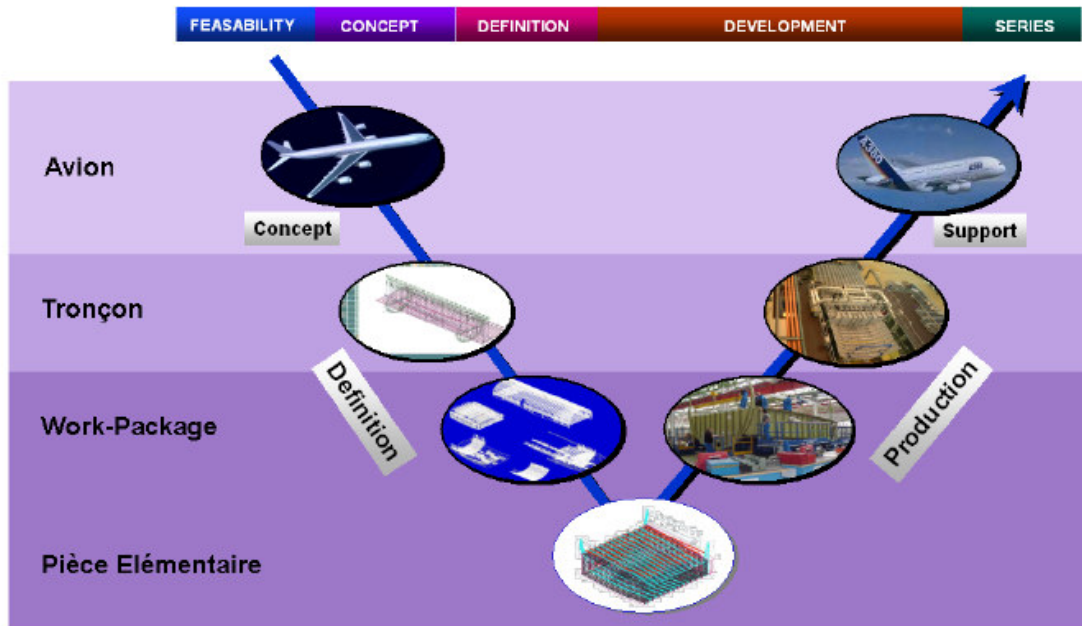


Figure 46 –Cycle en V d'un avion [LABORIE F., 2006]

Nous proposons dans le Tableau 20 une liste des inducteurs liés à la définition d'un sous-ensemble. Il s'agit de l'ensemble des paramètres figés durant la définition d'un appareil, qui ont une influence sur les coûts récurrents associés à l'appareil. Les cinq premiers inducteurs proposés sont des inducteurs généraux liés à la définition des exigences. Les inducteurs suivants se rapportent plus à des éléments de détail de la définition d'un sous-ensemble ou d'une pièce.

Inducteurs de coût récurrent liés à la définition	
Fonctionnalités fournies par le sous-ensemble	
Technologie du sous-ensemble	
Complexité de l'architecture du sous-ensemble	
Performances attendues du sous-ensemble	
Redondance des sous-ensembles (il est fréquent que certains systèmes soient doublé ou triplés en cas de panne)	
Spécificité d'un sous-ensemble (une pièce avec une définition spécifique est plus chère qu'une pièce standard)	
Matériau	Type de matériau
	Caractéristiques matériau
	Nombre de matériaux différents
Forme	Type de formes
	Caractéristiques de la forme
	Nombre de formes différentes
Taille	Longueur
	Largeur
	Epaisseur
	Surface
	Volume
Tolérances	Valeur de la tolérance
	Nombre de tolérances différentes
Revêtement / finition	Type de matériau de revêtement / finition
	Processus de revêtement / finition
	Epaisseur du revêtement
Assemblage	Technologie d'assemblage
Fixations	Type de fixations
	Pas des fixations
	Nombre de technologies de fixation différentes

Tableau 20 - Liste des inducteurs de coût récurrent liés à la définition d'un sous-ensemble

II.2 Inducteurs de coût liés à l'industrialisation d'un sous-ensemble

Nous proposons dans le Tableau 21, une liste des inducteurs de coût récurrent liés à l'industrialisation. Nous identifions tout d'abord ceux liés au processus dans son ensemble, puis nous rentrons dans le détail d'une étape de fabrication. Les inducteurs liés aux étiquettes (qui donnent des indications sur les pièces constitutives d'un appareil) peuvent surprendre mais sont pourtant non négligeables dans le domaine de l'aéronautique. Ces étiquettes sont souvent soumises à des exigences de durée de vie très longues en raison de la durée de vie d'un appareil ; les coûts relatifs aux étiquettes représentent donc des sommes importantes.

Inducteurs de coût liés à l'industrialisation	
Gamme de fabrication / d'assemblage	Nombre d'étapes de fabrication
	Ordre des étapes de fabrication
Etape de fabrication	Exigences spécifiques de fabrication
	Nombre de pièces
	Technologie de fabrication pour une étape
	Nombre de manipulations
	Temps d'utilisation des outils
	Consommation d'énergie par les outils
	Maturité d'une technologie de fabrication
	Nombre de technologies différentes
Outils	Technologie de l'outil
	Nombre d'outils
	Précision de l'outil
	Maîtrise et fiabilité de l'outil
Etiquetage	Nombre d'étiquettes
	Type d'étiquettes
	Exigences relatives aux étiquettes
Bloc d'approvisionnement	Volume du bloc d'approvisionnement
	Nature du bloc d'approvisionnement (brut matricé, ébauche, brut massif)
Test	Processus de test
	Exigences relatives aux tests

Tableau 21 - Liste des inducteurs de coût liés à l'industrialisation d'un sous-ensemble

II.3 Inducteurs de coût liés aux achats

Enfin, la dernière liste proposée est la liste d'inducteurs de coût récurrent liés aux achats (voir Tableau 22). La gestion des achats est particulièrement délicate dans le domaine de l'aéronautique car les exigences de certification et de sécurité sont très sévères. Pour certains produits, les fournisseurs sur le marché capables de répondre aux exigences de l'aéronautique sont peu nombreux. De plus, un changement de fournisseur implique un nouveau processus de certification des pièces, ce qui peut être très contraignant.

Inducteurs de coût récurrent liés aux achats
Fournisseur
Volume d'achat
Nombre de fournisseurs en compétition

Tableau 22 - Liste d'inducteurs de coût récurrent liés aux achats

III. Typologie de modifications

Afin de mieux comprendre le processus de gestion des opportunités de réduction des coûts, nous avons étudié l'ensemble des opportunités proposées chez Airbus et Eurocopter lors des opérations passées. Le Tableau 23 donne des informations sur l'échantillon d'opportunités étudié. A partir de cet échantillon, nous avons défini une typologie des modifications permettant de réduire les coûts. Nous précisons le domaine d'expertise dont sont issues les opportunités car, pour que la typologie soit représentative, il faut que des opportunités issues des trois domaines d'expertise (structure, architecture système et installation système) soient prises en compte. Nous avons vu au début de ce chapitre que, selon la phase projet durant laquelle les opportunités sont proposées, celles-ci n'ont pas les mêmes caractéristiques. Il est important de noter que les opportunités étudiées pour réaliser la typologie sont principalement issues de la phase de développement. Il sera important de vérifier la pertinence de cette typologie lorsque d'avantage d'opportunités proposées en amont du projet seront disponibles.

Opération	Domaine d'expertise	Phase projet	Niveau global/local	Nombre d'opportunités
Opération 1	Structure	Développement	Niveau local ³⁵	328
Opération 1	Architecture système	Développement	Niveau local	36
Opération 7	Structure architecture système et installation système	Faisabilité	Niveau global ³⁶	89
Opération 4	Structure architecture système et installation système	Développement	Niveau global	92
Total				545

Tableau 23 - Opportunités étudiées pour créer la typologie de modifications

Nous avons étudié chacune des opportunités pour les classer en fonction des modifications proposées. Comme pour la liste d'inducteurs de coût, les types de modification sont décomposés en trois classes : définition, industrialisation et achats. La mise en œuvre de cette typologie est décrite dans le chapitre 10, et son évaluation dans le chapitre 11.

Notons qu'une opportunité peut être représentée par plusieurs types de modifications. Cela s'explique par les liens d'interdépendance qui existent entre des domaines comme le tripôle « produit, processus, moyens » (mis en évidence dans [AOUSSAT A. *et al.*, 1998]). Par exemple, une modification du processus de fabrication d'une pièce, implique souvent une modification de son design.

Conservons l'exemple du bloc d'approvisionnement coûteux du fait de sa forme. Une opportunité proposée consistait à utiliser un brut massif en forme de parallélépipède (quitte à perdre

³⁵ Application du DtC restreinte à une partie de l'appareil

³⁶ Application du DtC à l'ensemble de l'appareil

davantage de matière) et à lui donner la forme voulue par usinage. Les types de modifications qui caractérisent cette opportunité sont : « changer la nature du bloc d’approvisionnement » et « changer le processus de fabrication ».

III.1 Types de modifications liées à la définition

Nous représentons dans le Tableau 24 la typologie de modifications liées à la définition.

L’utilisation de la liste d’inducteurs de coût et de la typologie de modifications nous a permis d’aboutir à une matrice de modifications des coûts récurrents. Nous représentons dans le Tableau 25 la matrice liée à la définition.

Notons que les modifications remettent en cause la conception de manière plus ou moins importante. Comme souligné dans [AOUSSAT A. *et al.*, 1998] et [AOUSSAT A. *et al.*, 2000], le processus de conception est un processus qui se fait à différents niveaux de détail. C’est la raison pour laquelle nous trouvons dans la typologie des actions similaires qui portent sur des éléments de niveaux différents (en fonction du niveau de détail considéré).

Nous avons réalisé le même type de proposition pour les modifications liées à l’industrialisation et aux achats.

Types de modifications liés à la définition	
Changer le matériau	Changer de type de matériaux
	Changer les caractéristiques d'un matériau
Standardiser – harmoniser - réutiliser	Remplacer un sous-ensemble non standard par un sous-ensemble standard
	Harmoniser les formes / tolérances / pièces / matériaux
	Réutiliser des sous-ensembles existants
Supprimer la sur-spécification	Réduire les performances
	Augmenter les tolérances
	Supprimer les fonctionnalités non essentielles
	Réduire les exigences sur la protection des matériaux
Modifier l'assemblage	Changer la technologie d'assemblage
	Changer la position des éléments permettant l'assemblage
Modifier la technologie ou l'architecture	Changer les formes ou la taille
	Changer la technologie d'un sous-ensemble
	Changer l'architecture d'un sous-ensemble
Augmenter le nombre d'éléments	Remplacer une pièce par plusieurs pièces
	Augmenter le nombre de pièces
Diminuer le nombre d'éléments	Regrouper plusieurs éléments
	Supprimer les éléments non essentiels
	Intégrer des fonctionnalités dans des éléments existants
Optimisation / amélioration de la conception	Optimiser la définition d'une pièce
	Remplacer un élément par un autre
Changer la position	Changer la position d'un sous-ensemble
Politique produit	Passer de l'optionnel au standard (et vice versa)

Tableau 24 - Typologie de modifications liées à la définition

		Inducteurs de coût	Changer	Augmenter	Diminuer
DEFINITION	Politique produit		Passer de l'optionnel au standard (ou inversement)		
	Fonctionnalités fournies par le sous-ensemble		Changer les fonctionnalités fournies par un sous-ensemble		Supprimer les fonctionnalités non essentielles
	Technologie du sous-ensemble		Changer la technologie d'un sous-ensemble		
	Architecture du sous-ensemble		Changer l'architecture d'un sous-ensemble		
	Performances attendues du sous-ensemble				Diminuer les performances attendues d'un sous-ensemble
	Redondance des sous-ensembles				Diminuer la redondance d'un sous-ensemble
	Spécificité d'un sous-ensemble				Remplacer un sous-ensemble non standard par un sous-ensemble standard Réutiliser des sous-ensembles existants
	Nombre de sous-ensembles				Diminuer le nombre de sous-ensemble
	Matériau	Type de matériau	Changer de type de matériau		
		Caractéristiques matériau	Changer les caractéristiques matériaux		
		Nombre de matériaux différents			Harmoniser les matériaux
Forme	Type de formes	Changer de type de forme			

		Caractéristiques de la forme	Changer les caractéristiques de la forme		
		Nombre de formes différentes			Harmoniser les formes
	Taille	Longueur/Largeur/Epaisseur/Surface/Volume		Augmenter la taille	Diminuer la taille
	Tolérances	Valeur de la tolérance		Augmenter les tolérances	Diminuer les tolérances
		Nombre de tolérances différentes			Harmoniser les tolérances
	Revêtement / finition	Type de matériau de revêtement / finition	Changer le type de matériau de revêtement / finition		
		Processus de revêtement / finition	Changer le processus de revêtement / finition		
		Epaisseur du revêtement		Augmenter l'épaisseur du revêtement	Diminuer l'épaisseur du revêtement
		Exigences sur la protection des matériaux			Réduire les exigences sur la protection des matériaux
	Assemblage	Technologie d'assemblage	Changer la technologie d'assemblage		
		Position des éléments d'assemblage	Changer la position des éléments d'assemblage		
	Fixations	Type de fixations	Changer de type de fixation		
		Pas des fixations		Augmenter le pas des fixations	Diminuer le pas des fixations
		Nombre de technologies de fixation différentes			Harmoniser les fixations

Tableau 25 - Matrice de modification liée à la définition d'un sous-ensemble

L'intérêt de la liste d'inducteurs de coût et de la typologie de modifications est double. Tout d'abord, il peut constituer une liste de base des points à vérifier (check-listes) pour être sûr de n'avoir pas raté des réductions de coût évidentes. De plus, nous verrons dans le chapitre suivant que nous utilisons ces deux outils pour retrouver les opportunités du passé applicables dans un contexte donné.

Synthèse

Nous proposons dans ce chapitre une liste d'inducteur de coût et une typologie des modifications permettant de réduire les coûts. Ces deux outils sont réalisés pour la définition, pour l'industrialisation et pour les achats. Nous les exploitons dans le chapitre 10 pour la réutilisation des opportunités passées. Nous les évaluons dans le chapitre 11.

Chapitre 9 : Modèle permettant d'exploiter les opportunités passées

Résumé

Nous proposons dans ce chapitre un modèle visant à exploiter les opportunités de réduction des coûts créées dans le passé pour faciliter l'émergence de nouvelles opportunités. Dans un premier temps, nous définissons les exigences associées à ce système. Nous étudions les technologies existantes dans la littérature, pour identifier comment celles-ci répondent à nos exigences. Nous proposons ensuite un modèle baptisé OSIRIS (Optimiser for Saving Idea Reuse and Information Sharing) et décrit à l'aide d'une ontologie. Ce modèle a pour objectif de réutiliser efficacement les opportunités générées dans le passé tout en conservant une utilisation simple et intuitive. Nous illustrons ensuite ce modèle à l'aide d'un cas issu de l'opération DtC appelée « opération 1 » dans le chapitre 2..

I. Exploiter les opportunités passées pour faciliter la proposition de nouvelles opportunités de réduction de coûts

I.1 Objectifs du système d'exploitation des opportunités passées et postulats

Nous avons vu dans le chapitre 6 que les équipes DtC Airbus et Eurocopter ont besoin de nouvelles méthodes et outils pour proposer des opportunités de réduction des coûts. Nous proposons un système s'appuyant sur les opportunités passées pour améliorer l'efficacité des opérations DtC (tel que présenté dans le chapitre 7). Pour éclaircir l'objectif de ce système, il convient dans un premier temps de clarifier les deux termes suivants : *problème de réduction de coût* et *applicabilité d'une opportunité*.

Dans le cadre d'opérations DtC, les équipes multidisciplinaires sont amenées, pour atteindre les cibles, à rechercher des opportunités de réduction des coûts, permettant, lorsqu'elles sont mises en place, de réduire l'écart entre le coût de la conception en cours et la cible de coût. ***Nous appelons problème de réduction des coûts, toute situation durant laquelle un ou plusieurs acteurs cherchent à modifier un sous-ensemble pour en réduire le coût.*** Un sous-ensemble peut être une pièce, un ensemble de pièces, une étape de fabrication, ou encore une gamme de fabrication dans son ensemble. Les informations décrivant un problème de réduction des coûts peuvent être par exemple :

- * les informations relatives au sous-ensemble étudié (ex : poutre, système de dégivrage, processus d'usinage),
- * les informations détaillant les technologies choisies (plancher articulé, poutre en composite, usinage chimique),
- * les informations indiquant éventuellement les résultats d'une première analyse de coût (inducteurs de coût = matériau de la poutre, technologie choisie pour l'usinage ; contributeur de coût = coût d'assemblage, coût de peinture).

L'*applicabilité d'une opportunité* est définie par rapport à un problème de réduction de coût. Une opportunité est applicable si elle fait sens (si l'opportunité et ses principes de solution permettent d'envisager de résoudre le problème de réduction des coûts) dans le contexte décrit, et si sa mise en place permet effectivement d'espérer une réduction des coûts. ***L'applicabilité correspond au jugement qu'un expert peut donner sur la pertinence d'une opportunité par rapport à un problème de réduction des coûts.*** Nous rappelons sur la Figure 47 le processus de maturation d'une opportunité défini au chapitre 6. Nous jugeons qu'une opportunité est applicable si elle passe le premier jalon (J1) du processus de maturation.

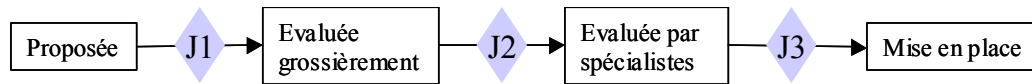


Figure 47 - Etapes de maturation d'une opportunité

L'objectif de notre système est de favoriser la création d'opportunités applicables en exploitant les opportunités passées. Comme décrit dans le Tableau 26, nous distinguons deux modes d'exploitation des opportunités passées :

- * *Réutilisation d'une opportunité passée applicable* : Exploiter une opportunité passée applicable à un problème de réduction des coûts consiste à la réutiliser en l'adaptant au problème étudié.
- * *Orientation de la création* : Exploiter un ensemble d'opportunités passées consiste à les analyser pour en tirer des tendances et orienter la création d'opportunités (ex : les opportunités de type changement de matériaux paraissent pertinentes pour le problème de réduction des coûts étudié).

Exploitation des opportunités passées	
Opportunité seule	Réutiliser les opportunités passées en adaptant les opportunités applicables au problème de réduction des coûts étudié
Ensemble d'opportunités	Orienter la création de nouvelles opportunités par l'analyse d'un ensemble d'opportunités passées

Tableau 26 - Modes d'exploitation des opportunités passées

Nous basons notre proposition sur les quatre postulats suivants :

1. réutiliser des opportunités passées permet de proposer des opportunités applicables plus rapidement que dans une situation où l'on réinvente chacune des opportunités ;
2. le grand nombre d'opportunités créées permet une analyse statistique des impacts des opportunités, en fonction de leur contenu, de leur localisation appareil ; ce type d'analyse permet d'étudier les corrélations possibles entre les informations et ainsi d'orienter la création de nouvelles opportunités ;
3. les opportunités passées étant en nombre très important et étant relatives à de nombreux domaines d'expertise, il n'est pas envisageable qu'un acteur les passe en revue pour apprécier leur pertinence. Un outil est par conséquent nécessaire pour assister les processus de sélection des opportunités applicables dans un contexte donné ;
4. le découpage des projets dans l'aéronautique rend difficile le partage des opportunités entre des zones de l'appareil ou domaines d'expertises très différents. En effet, les équipes de travail sont dispersées géographiquement et les habitudes de travail font que les acteurs projet distinguent les

problèmes de réduction de coût en fonction de la localisation avion et des domaines d'expertise. Un outil est donc nécessaire pour exploiter les opportunités relatives à des zones ou à des domaines de conception différents.

1.2 Fonctionnalités et exigences du système

Nous souhaitons définir un système permettant de :

- * juger de l'applicabilité d'une opportunité dans un contexte donné,
- * partager les opportunités entre différents projets, domaine d'expertises ou localisation appareil (on souhaite exploiter l'ensemble des opportunités passées sans ce limiter à une zone de l'avion ou à un domaine d'expertise),
- * susciter de nouvelles opportunités de réduction des coûts par la réutilisation des opportunités passées applicables,
- * orienter la création d'opportunités en donnant une vision globale des opportunités passées.

Le *système idéal* vers lequel nous souhaiterions tendre avec cette proposition :

- * un système capable de « balayer » l'ensemble des opportunités proposées sur les projets passés sur toutes les parties d'un appareil en un temps minimum,
- * un système capable de juger de l'applicabilité de chacune des opportunités avec autant d'efficacité qu'un expert dans le domaine relatif à l'opportunité recherchée,
- * un système apprenant capable, à partir des expériences passées, de donner des orientations pour cibler la recherche d'opportunités.

1.2.1 Contexte d'utilisation du système

Les utilisateurs du système proposé sont dans un premier temps les acteurs de la cellule spécialisée Design to Cost. Aujourd'hui ce sont eux qui saisissent les informations relatives aux opportunités de réduction des coûts dans l'outil DtC. Ce sont donc eux qui sont en mesure de lancer des recherches au travers de ce même outil. A terme, l'objectif de l'équipe DtC est que les acteurs projets puissent saisir eux-mêmes les opportunités qu'ils proposent. On peut alors imaginer qu'ils seront également utilisateurs du système proposé.

Pour mieux comprendre les situations dans lesquelles notre système serait utilisé, il convient de caractériser ce que nous appelons *contexte de réduction des coûts*. Nous définissons un contexte réduction des coûts par cinq informations (objectifs de gain de coûts, marge de manœuvre, contraintes de temps et ressources disponibles) :

- * Scénario d'utilisation : il peut s'agir (i) d'une réunion multidisciplinaire durant laquelle les acteurs cherchent de nouvelles opportunités, (ii) d'un concepteur seul qui cherche à réduire les coûts d'un sous-ensemble et utilise le système pour trouver des opportunités

applicables, (iii) d'un responsable DtC qui, pour aider une équipe à trouver des opportunités cherche à l'orienter vers un type de modification spécifique ;

- * Objectifs de gains de coûts : le montant de gains de coûts à réaliser définit le contexte de réduction des coûts. Ainsi lorsqu'une cible est très ambitieuse, les efforts déployés pour proposer des opportunités seront plus importants que lorsque la cible paraît facile à atteindre ;
- * Marge de manœuvre : la marge de manœuvre définit les niveaux de remise en cause possibles pour réduire les coûts ;
- * Contraintes de temps : elles définissent les délais disponibles pour atteindre la cible ;
- * Ressources disponibles : elles définissent le budget disponible (en nombre de personnes et en temps) pour atteindre la cible.

La difficulté d'un contexte de réduction des coûts est caractérisée par deux doublets d'information :

1. objectifs de gain de coûts/marge de manœuvre (un contexte de réduction des coûts est d'autant plus difficile que les objectifs de gains sont ambitieux et que la marge de manœuvre est faible)
2. contraintes de temps/ressources disponibles (un contexte de réduction des coûts est d'autant plus difficile que les contraintes de temps sont fortes et les ressources disponibles sont serrées).

Le système que nous proposons est particulièrement adapté aux contextes durant lesquels les contraintes de temps sont fortes (il faut trouver des opportunités rapidement) et peu de ressources sont disponibles.

1.2.2 Exigences

Notre système a pour but d'aider la proposition d'opportunités de réduction des coûts dans les opérations DtC, par l'exploitation des opportunités passées applicables. L'outil doit donc répondre aux exigences suivantes :

- * La description des opportunités doit permettre de comprendre le problème de réduction de coûts résolu,
- * l'accès aux opportunités du passé doit être flexible en s'adaptant au volume d'informations disponibles,
- * le nombre d'opportunités proposées doit être limité aux plus pertinentes (l'utilisateur de l'outil n'est en mesure de consulter qu'un nombre limité d'opportunités) et les opportunités proposées doivent être applicables au contexte de réduction de coût
- * le système doit être en mesure « d'oublier » les opportunités obsolètes,

- * le système doit être facile à prendre en main, et les interfaces ergonomiques,
- * le système doit être évolutif car la formalisation des opportunités risque d'évoluer.

I.2.3 Fonctionnalités attendues du système

Nous listons ci-dessous les fonctionnalités principales attendues du système de réutilisation des opportunités passées :

1. Modèle de description du contexte de réduction des coûts

- * flexibilité en fonction des informations disponibles : le modèle doit permettre la saisie d'un contexte précis, mais il doit aussi autoriser les requêtes incomplètes,
- * adaptabilité aux attentes de l'utilisateur : le système doit permettre de saisir différents types de requêtes en fonction des attentes de l'utilisateur,
- * extension et adaptabilité des requêtes : le système doit permettre d'élargir la recherche lorsque celle-ci ne donne pas suffisamment de résultats.

2. Recherche des opportunités applicables

- * Retrouver rapidement des opportunités du passé
- * filtrer les opportunités en fonction des informations sur le contexte de réduction de coûts,
- * identifier des opportunités applicables dans le contexte du projet parmi les opportunités proposées sur les précédents projets ou dans d'autres domaines ou d'autres localisations,
- * aider à l'interprétation de l'applicabilité d'une solution : interpréter et utiliser des connaissances expertes par analogie avec le travail d'un expert consultant des propositions.

3. Analyse de la base

- * Aider à identifier des gisements d'opportunités afin de cibler la créativité (ex : il n'y a pas eu assez de propositions d'opportunités de tel type sur cette partie au vu des projets passés).

II. **Etude des techniques existantes**

De nombreuses approches permettent la classification et la réutilisation de conceptions passées. Ball *et al.* [BALL L. J. *et al.*, 2001] proposent une typologie des problèmes rencontrés lors de l'implantation de ces approches :

1. problèmes liés aux méthodes de classement et de découvertes des conceptions passées dans un contexte spécifique,
2. problèmes liés à une compréhension erronée des conceptions passées,
3. problèmes liés à l'adaptation au contexte présent des conceptions passées,
4. problèmes liés au choix restrictif d'une seule alternative alors que plusieurs pourraient être envisagées,

5. Difficulté d'appropriation d'une conception générée par d'autres acteurs et manque de volonté de la rendre exploitable par d'autres.

Nous nous concentrons ici sur le premier type de problèmes lié aux méthodes visant à classer et retrouver les conceptions passées. Nous étudions les méthodes discutées dans la littérature, afin d'identifier dans quelle mesure elles permettent de répondre à nos besoins spécifiques ; Notre étude de la littérature sur le sujet permet d'identifier quatre grandes classes de solutions / méthodes :

- * systèmes de gestion des idées,
- * Case-based reasoning (ou raisonnement à base de cas),
- * Knowledge management (ou gestion des connaissances),
- * TRIZ.

II.1 Systèmes de gestion des idées

Les systèmes de gestion d'idées permettent le stockage et le classement d'idées. Le cabinet Mc Kinsey [MCKINSEY OPERATIONS EFFECTIVENESS GROUP, 2000] a développé un outil DtC qui suit les opportunités de réduction des coûts afin de tracer les décisions associées et vérifier que le processus de maturation est mené correctement pour chacune d'entre elles.

On trouve également dans la littérature des outils visant à gérer une base de données d'idées d'innovation. Ces systèmes ont pour objectif de permettre à chaque employé de proposer les idées d'innovation à travers une plate-forme web [FREY C., 2003]. Les outils proposés sur le marché (e.g. IdeaCentral par Imaginatik, NextNet par GeneralIdeas et IdeaCenter par Akiva) se concentrent essentiellement sur le processus de maturation des idées d'innovation (création, évaluation et décision).

II.2 Case-based Reasoning

Le raisonnement à base de cas (Case-Based Reasoning - CBR) est une méthode permettant de réutiliser les conceptions passées. Cette méthode se base sur l'hypothèse que des problèmes similaires ont des solutions similaires. Un cas est une expérience passée et est représenté par un ensemble : problème et solution associée. Pour résoudre un problème, le système identifie les cas les plus pertinents par une mesure de la similarité entre le problème étudié et les problèmes passés stockés dans la base de cas [AVRAMENKO Y. *et al.*, 2005].

Mansar *et al.* [MANSAR S. L. *et al.*, 2003] décrivent l'utilisation d'une méthode de type CBR pour les processus de reconception (dans ce contexte, un cas est une bonne pratique (solution) appliquée sur un processus spécifique de l'entreprise (problème)). Les utilisateurs ont la possibilité de retrouver les cas similaires grâce à deux types d'informations : le processus étudié (l'objectif est de

retrouver les bonnes pratiques appliquées à un processus donné) et le type de bonnes pratiques (l'objectif est de retrouver un exemple d'application pour un type de bonne pratique donné).

II.3 Knowledge management

Le knowledge Management s'intéresse à l'accès contextualisé à l'information. Les approches existantes ont pour but de réutiliser l'information existante (principalement contenue dans des documents) dans un contexte organisationnel spécifique ; ils permettent une communauté de partage des connaissances et des pratiques relatives à un domaine. Un exemple d'application est une base de donnée basée sur une plate-forme web permettant à un groupe de partager des documents (annotés), liés à l'activité spécifique de chaque acteur [LONGUEVILLE B., 2005]. Dans ce type d'exemple, le modèle de connaissances est décrit à travers une ontologie, afin de définir un vocabulaire standard pour classer et qualifier les documents. Les capacités de raisonnement de la technologie sont utilisées pour déduire de nouvelles propriétés à partir des documents et annotations existantes. Ce type d'approche est complété par des applications qui indexent le contenu des documents pour en faciliter la recherche et l'accès.

II.4 TRIZ

La réutilisation des principes de solution utilisés dans le passé a également été étudié depuis les années 50, par les chercheurs travaillant sur la méthode TRIZ [ALTSHULLER G., 1979]. A l'origine, cette méthode a été mise au point par ALTSHULLER, sous le nom de Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch (TRIZ) ou Théorie de Résolution de Problèmes Inventifs. Pour Altshuller, un problème inventif est un problème qui ne comporte pas de solution connue, et contient au moins une contradiction. TRIZ est donc particulièrement adaptée à l'innovation en conception – produit ou process – même si son champ d'application s'étend plus généralement à la résolution de tout type de problèmes techniques.

Afin de développer des méthodes de résolution de problème, les chercheurs ont extrait d'une base de données contenant des milliers de brevets, les principes sous-jacents aux solutions apportées par les brevets. Ils ont également développé une méthode de modélisation des problèmes à travers le concept de matrice de résolution des contradictions technologiques.

Cette méthode consiste à identifier les principes de solution applicables pour résoudre le problème identifié. Les principes de la méthode sont illustrés par la Figure 48 : (i) analyse de la situation initiale (le problème spécifique), (ii) formulation du problème standard qui est une formulation générique du problème à résoudre, (iii) définition de la solution standard répondant à ce problème, (iv) formulation de la solution adaptée au contexte spécifique de la situation.

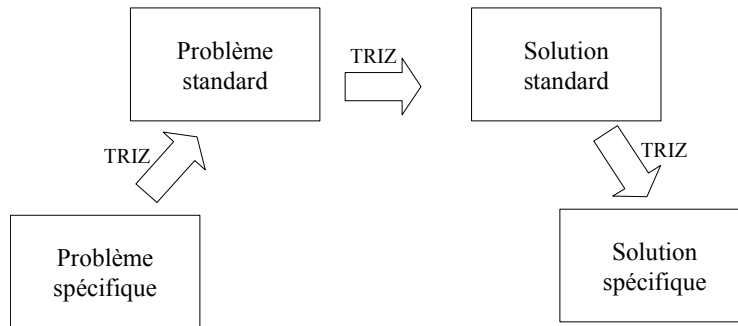


Figure 48 - Démarche déployée par TRIZ (issu de [ALTSHULLER G., 1979])

Notons que la formulation du problème standard est une étape clé de la méthode et cette étape est souvent consommatrice de temps.

II.5 Conclusion

Comme nous l'avons décrit dans le paragraphe précédent, nous cherchons à développer un système :

- * *qui permette de retrouver et réutiliser les opportunités capitalisées,*
- * *qui passe par une description succincte du contexte de recherche,*
- * *qui est flexible car le modèle de l'opportunité risque d'évoluer,*
- * *qui est adapté à la manipulation des opportunités de réduction des coûts.*

Les conclusions de ce tour d'horizon des techniques existantes sont les suivantes : bien que les approches liées à la classification et à la localisation des connaissances soient nombreuses dans la littérature, il n'existe pas de méthode facilement déployable permettant à la fois la classification, la localisation et la réutilisation des connaissances adaptée à notre contexte d'utilisation (voir synthèse réalisée dans le Tableau 27).

	Système de gestion des idées	Case-Based Reasoning	Knowledge Management	TRIZ
Permet de retrouver et réutiliser les opportunités capitalisées		X	X	X
Passe par une description succincte du contexte de recherche		X	X	
Flexible car le modèle d'une opportunité risque d'évoluer	X		X	X
Adapté à la manipulation des opportunités de réduction des coûts	X	X		X

Tableau 27 - Réponses des techniques existantes à nos besoins

Les systèmes de gestion des idées permettent la manipulation des opportunités de réduction des coûts et sont adaptés au suivi de leur maturation, mais ils sont mal adaptés à la classification et réutilisation des opportunités. En effet, ces systèmes ne permettent pas de classer et retrouver facilement les opportunités stockées afin de les réutiliser. Les technologies de type CBR sont inadaptées car le modèle des opportunités risque d'évoluer, or ce type de système est peu évolutif (en particulier à cause de l'effort à fournir pour les méthodes de calcul des projections et les matrices de similarités). De plus, les opportunités sont décrites principalement par des informations textuelles, le calcul de la fonction de similarité entre deux cas risque d'être complexe. Les approches KM existantes se concentrent sur l'accès à des informations peu ou pas structurées au travers de documents annotés par différents points de vue. Ces approches visent la circulation de l'information, la composition et la réutilisation d'éléments variés de connaissances, en particulier des documents textuels.

Les approches KM ne sont donc pas directement applicables à la réutilisation des opportunités car celles-ci sont essentiellement des informations structurées, avec un ensemble de champs définis dans l'outil DtC et peu d'informations textuelles. En revanche, elles utilisent des technologies intéressantes pour l'annotation de ressources et la recherche d'information. Enfin, TRIZ semble trop lourd à déployer dans les contextes de recherche de réduction de coût identifiés. En effet, l'objectif de notre système est d'identifier rapidement les opportunités passées applicables, or nous avons vu que la formulation de la contradiction technologique dans TRIZ peut prendre beaucoup de temps. De plus, les problèmes traités par TRIZ sont des problèmes complexes nécessitant des solutions innovantes, ce qui n'est pas le cas dans notre contexte d'utilisation. Par conséquent, il est souhaitable de développer une approche plus spécifique pour répondre aux besoins de notre étude.

III. OSIRIS : Modèle de formalisation des opportunités pour leur exploitation

Nous proposons dans ce paragraphe un modèle de formalisation des opportunités permettant leur réutilisation lorsque celles-ci sont applicables. Ce modèle est appelé OSIRIS (Optimiser for Saving Idea Reuse and Information Sharing) [ANGENIOL S. *et al.*, 2006].

III.1 Approche proposée

Afin de développer une méthode efficace pour exploiter les opportunités passées, nous proposons une approche similaire à celle de TRIZ.

Notre approche repose tout d'abord sur la décomposition d'une opportunité en un problème et sa solution. Chaque opportunité correspond à un problème de réduction de coûts, et une solution associée.

Avec l'approche « classique » de TRIZ, le problème est modélisé par une contradiction technique et la solution est extraite de principes de solution appelés « inventive standards ». Cependant comme nous l'avons souligné dans notre étude de TRIZ, cette méthode est efficace dans un contexte de résolution de problèmes complexes et est très coûteuse en temps. Dans notre contexte, les opportunités ne sont pas nécessairement innovantes et les contradictions techniques ne peuvent être exprimées par manque de temps et de ressource. Par conséquent, *nous proposons de garder le principe de TRIZ qui consiste à extraire une formulation générique du problème résolu par une opportunité, associée à une formulation générique de la solution apportée par une opportunité. Cependant, nous adaptons ces concepts à notre contexte, afin de simplifier l'extraction du problème et de la solution associée à une opportunité.*

III.1.1 Liste d'inducteurs de coût pour caractériser les problèmes

Un des principes fondamentaux de TRIZ consiste à caractériser un problème par la contradiction qui lui est associée. Comme dans TRIZ, nous souhaitons utiliser une modélisation du problème pour caractériser les opportunités. Cependant, nous devons adapter cette approche afin que la formulation de la contradiction soit plus rapide. Nous n'avons pas à faire ici à des problèmes complexes comme ceux résolus par la méthode TRIZ. Nous proposons une autre abstraction des problèmes pour caractériser la problématique associée à une situation pour laquelle une réduction des coûts est recherchée.

Dans TRIZ, l'abstraction du problème est liée à l'identification des paramètres contradictoires justifiant la complexité de ce problème. Nous souhaitons donc modéliser le problème de réduction des coûts par les paramètres justifiant sa complexité. Dans notre cas, la complexité du problème est

représentée par le coût du sous-ensemble étudié. Les paramètres liés à ce coût sont les inducteurs de coût définis dans le chapitre 8. Nous modélisons les problèmes par les inducteurs de coût³⁷.

III.1.2 Typologie de modifications pour l’analyse d’une base d’opportunités

Dans TRIZ, les solutions sont modélisées par les principes inventifs issus de l’analyse de plusieurs milliers de brevets. En faisant le parallèle avec TRIZ, nous modélisons les solutions par les types de modification issus de l’analyse de plus de 500 opportunités passées.

La caractérisation des opportunités par les types de modification permet :

- * une compréhension partagée et immédiate du contenu d’une opportunité,
- * une analyse possible du type d’opportunité proposée en fonction des problèmes rencontrés (ex : lorsque l’on cherche à réduire le coût d’un sous-ensemble dont un des inducteurs de coût est la nature du bloc d’approvisionnement, une opportunité applicable est une opportunité de type « Changer la nature du bloc d’approvisionnement »)
- * une analyse possible de l’efficacité d’une opportunité en fonction du type de modification et du contexte d’application.

III.1.3 Conclusion

Comme illustré sur la Figure 49, *dans l’approche TRIZ le problème est représenté par la contradiction, et dans notre approche, il est modélisé par les inducteurs de coût. Les solutions standards sont alors proposées grâce aux principes inventifs (issue de l’analyse de brevets) dans TRIZ, et nous identifions les types de modifications applicables à l’aide de la typologie de modifications (issue de l’analyse des opportunités proposées dans le passé).*

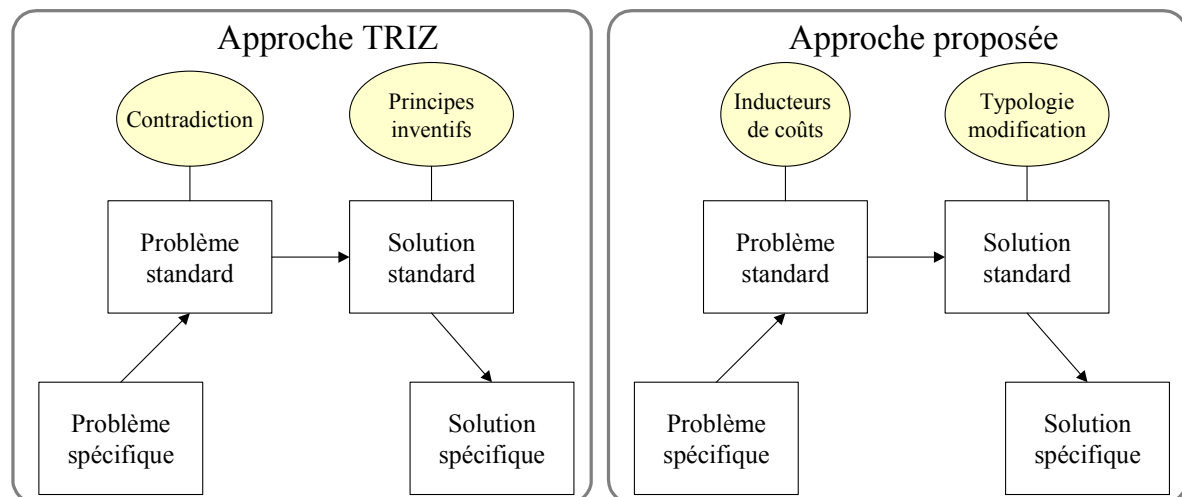


Figure 49 – Parallèle entre notre approche et l'approche TRIZ

³⁷ Exemple d’un bloc d’approvisionnement : un brut ébauché devait être acheté pour la fabrication. Son prix à l’achat était conséquent au vu de sa forme spécifique. L’inducteur de coût caractérisant le problème associé à ce bloc d’approvisionnement est la nature du bloc d’approvisionnement (bloc ébauché).

III.2 Des règles pour interpréter l'applicabilité d'une opportunité

Enfin, la dernière dimension de notre proposition est relative à l'ajout de règles permettant de compléter les connaissances pour améliorer l'applicabilité d'une opportunité. Nous distinguons principalement deux types de règles :

- * *Les règles qui complètent la description des opportunités* : le but de ces règles est de combler si possible les trous dans la description de l'opportunité (solution/problème).
- * *Les règles qui élargissent la requête* : le principe de ces règles est d'affecter de nouveaux champs à une opportunité, afin d'élargir son contexte d'application.

Les règles ont quatre fonctionnalités possibles :

- * f1 : généraliser un problème,
- * f2 : élargir l'applicabilité d'un problème,
- * f3 : généraliser une solution,
- * f4 : élargir l'applicabilité d'une solution.

Ces fonctionnalités sont représentées dans le tableau 5 pour des règles de type SI ... ALORS.

		SI	
		Problème	Solution
ALORS	Problème	f1 : Problème généralisable	f4 : Elargit l'applicabilité de la solution
	Solution	f2 : Elargit l'applicabilité du problème	f3 : Solution généralisable

Tableau 28 - Types de règles [BILLON L., 2006]

Ces règles ont été développées lors d'un projet réalisé dans le cadre de la thèse sous la forme d'un stage de Master Recherche de L. Billon [BILLON L., 2006].

Nous donnons ci-dessous deux exemples de règles mises en place dans le prototype :

- * **Règle 1** (visant à compléter les informations manquantes) : Nous rajoutons dans notre modèle un champ appelé « domaine d'expertise », qui consiste à préciser si le problème est un problème de structure, d'architecture système ou d'installation système. Ce champ étant nouveau, il n'est pas renseigné pour les opportunités définies dans le passé. Or grâce à la localisation avion (renseignée dans le modèle Airbus), nous sommes la plupart du temps en mesure de connaître le domaine d'expertise. Ainsi, nous définissons des règles permettant de déduire le domaine d'expertise à partir de la localisation avion (ex : si localisation avion= plancher cockpit, alors domaine d'expertise=structure).

- * **Règle 2** (visant à élargir l'applicabilité d'une opportunité) : les opportunités relatives aux vis ou fixations peuvent être appliquées à tous les domaines d'expertises. En effet, les problèmes de fixation sont communs aux domaines de structure, d'architecture système ou d'installation système. Ainsi, nous définissons une règle élargissant l'applicabilité d'une opportunité relative aux fixations (ex : si le titre contient « screw, nut or fastener » et que domaine d'expertise = structure, alors l'opportunité répond aux problèmes dont le domaine d'expertise = architecture système ou installation système).

III.3 Synthèse

Nous synthétisons notre proposition sur la Figure 50. Avec l'approche actuelle, une opportunité est décrite sans structure spécifique. Les recherches d'opportunités sont essentiellement basées sur une description de la solution. Le modèle proposé est construit sur deux modèles, le modèle des problèmes et le modèle des solutions. Cette approche permet de formuler des requêtes basées sur une description plus fine et plus pertinente des problèmes. Cela permet d'exploiter les opportunités passées pour favoriser la proposition d'opportunités de réduction de coûts.

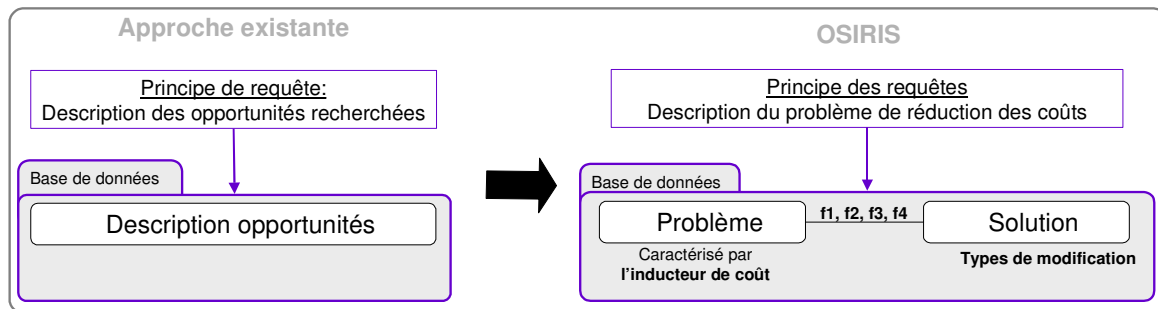


Figure 50 - Synthèse du modèle OSIRIS proposé

IV. Description détaillée des modèles

Après avoir décrit les principes fondateurs du modèle OSIRIS, nous détaillons dans ce paragraphe les champs constitutifs du modèle du problème et du modèle de la solution. Le modèle formel est décrit dans le chapitre 10 sous forme d'ontologie. Le choix de l'ontologie pour représenter le modèle est lié à la technologie choisie pour le prototypage de ce modèle (la technologie web sémantique).

IV.1 Modèle des problèmes

La Figure 51 représente le processus de création d'opportunités. Le point d'entrée de ce processus est la définition ou la gamme de fabrication d'un sous-ensemble de l'appareil qui a un coût estimé (C0). Afin de réduire le coût de ce sous-ensemble, des opportunités de réduction des coûts sont proposées et mises en place si validées. La sortie d'un processus de gestion des opportunités de

réduction des coûts est alors un sous-ensemble modifié dont le coût (C_1) est inférieur au coût C_0 . Pour définir le modèle des problèmes, nous étudions le processus de proposition des opportunités de réduction des coûts.



Figure 51 - Processus de création d'opportunités

Nous distinguons deux processus pour la proposition d'opportunités. Le premier processus est lié à l'expertise d'un acteur projet. En se basant sur ses connaissances dans un domaine spécifique, un acteur projet (ou une équipe multidisciplinaire) propose une opportunité pour réduire les coûts. Le second processus repose sur un « processus d'analyse des coûts ». Il consiste à décomposer la structure de coûts d'un sous-ensemble pour identifier les principaux *contributeurs de coût* ainsi que les *inducteurs de coût* associés. Un contributeur de coûts est une entité (une pièce élémentaire, un ensemble de pièce, une étape de fabrication, une gamme de fabrication, ...) dont le coût participe fortement au coût du sous-ensemble étudié. Un inducteur est un paramètre dont la modification impacte significativement le coût (voir Chapitre 8).

Notre modélisation du problème est basée sur ces deux processus et le problème est donc scindé en deux parties : l'objet du problème étudié et l'analyse des coûts. Dans le cas où une opportunité serait proposée à travers un processus d'expertise, la partie relative à l'analyse des coûts ne sera pas remplie.

Les attributs identifiés comme pertinents pour caractériser le problème sont représentés dans la Figure 52.

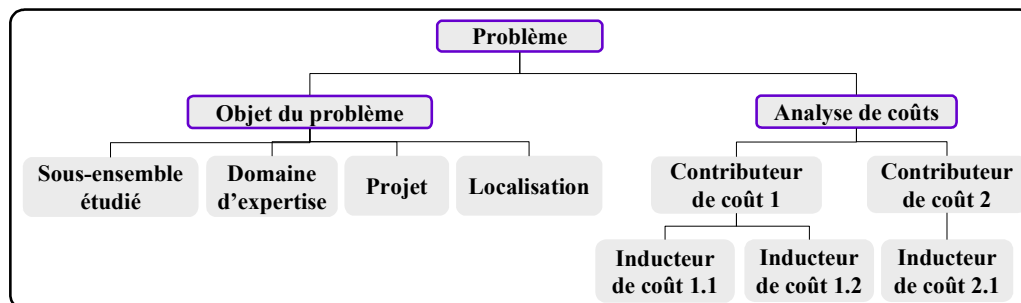


Figure 52 - Modèle OSIRIS du problème

IV.2 Modèle des solutions

Nous proposons de décrire la solution par trois types d'information (voir la Figure 53) :

- * la **description de la modification** par le titre et la description textuelle de l'opportunité, ainsi que par les types de modification associés,
- * **évaluation des impacts** : il s'agit ici d'une évaluation des impacts de la mise en place d'une opportunité ainsi que des risques associés à la mise en place de l'opportunité,
- * **processus de maturation d'une opportunité** : décisions relatives à la mise en place de l'opportunité et les justifications associées.

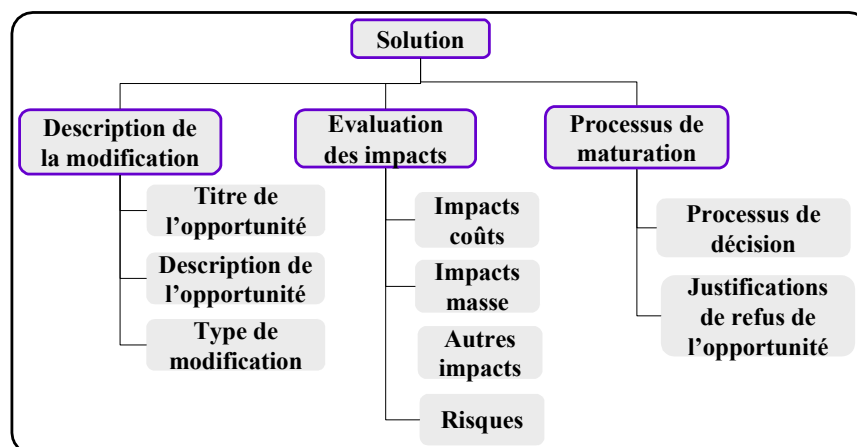


Figure 53 – Modèle OSIRIS de la solution

IV.3 Modèle de description du contexte de réduction de coût

Le modèle de description du contexte de réduction de coût correspond aux champs à remplir par un utilisateur qui cherche à réduire les coûts d'un sous-ensemble, et souhaite récupérer les opportunités passées applicables à son contexte. La principale difficulté associée à la description du contexte de réduction des coûts, est que le contexte de recherche d'une opportunité dépend grandement de l'expertise et du profil des personnes, de leur connaissance du produit ainsi que de leur expertise en terme de coûts [ANGENIOL S. *et al.*, 2006]. Cette description dépend fortement de la maturité de l'analyse des coûts réalisée sur un problème donné. Nous utilisons le modèle du problème pour décrire le *problème de recherche d'une opportunité*.

IV.4 Illustration

Nous donnons ci-dessous un exemple de situation de proposition d'une opportunité, et nous indiquons en parallèle comment les champs du modèle doivent être remplis.

Durant la définition d'un nouvel avion, une réunion multidisciplinaire est organisée pour trouver des opportunités de réduction des coûts. La réunion porte sur la gamme de fabrication du plancher cockpit (*localisation appareil = plancher cockpit*). Il s'agit donc d'une problématique de structure (*skill = structure*). Après une analyse détaillée de chacune des étapes de la gamme de fabrication, une étape est identifiée comme particulièrement coûteuse, il s'agit de l'assemblage entre

deux poutres (*nom de l'ensemble = étape d'assemblage entre deux poutres*). Une réunion visant à analyser le coût de cette étape d'assemblage est alors organisée. L'assemblage entre les deux poutres est décomposé en étapes élémentaires. Le contributeur de coût d'assemblage durant cette étape, est le coût d'installation de 6 vis avec goupille. En effet, la goupille rend l'installation de ce type de vis coûteuse car cela prend beaucoup de temps (*Inducteur de coût = technologie de l'assemblage*).

Pour réduire le coût, un concepteur propose de remplacer les vis avec goupilles par des écrous auto-bloqués. Le titre de l'opportunité est intitulé « *suppression des vis avec goupilles* » et le type de modification associé est « *remplacer un élément par un autre* ». L'évaluation de l'opportunité indique que des études supplémentaires sont nécessaires mais que les coûts récurrents qui pourront être économisés grâce à cette opportunité compenseront les coûts non récurrents dépensés pour les études supplémentaires. Cette opportunité n'a finalement pas été appliquée car l'opportunité ayant été proposée trop tard, les délais n'étaient pas suffisants pour réaliser des études supplémentaires. Ainsi l'opportunité n'a pas été validée pour mise en place.

Synthèse

Nous proposons un modèle appelé OSIRIS pour construire un système permettant d'améliorer le processus de gestion des opportunités de réduction des coûts et de palier les déficiences d'une organisation par projet en favorisant la réutilisation des opportunités passées.

Nos apports sont :

- un modèle d'opportunité structuré sous la forme : problème – solution,
 - un modèle de problème caractérisé par ses inducteurs de coût,
 - un modèle de solution clarifié par les types de modification associés,
 - des règles permettant d'interpréter l'applicabilité d'une opportunité dans un contexte donné.
-

Chapitre 10 : Mise en œuvre

Résumé

Nous décrivons dans ce chapitre, la mise en œuvre des propositions relatives à la gestion des opportunités de réduction des coûts. Cette mise en œuvre se divise en deux parties. La première partie concerne la mise en œuvre du modèle OSIRIS dans l'outil DtC Airbus pour créer des connaissances selon le modèle OSIRIS. La deuxième partie concerne le prototypage d'un système pour exploiter les opportunités passées (basé sur une plate-forme web sémantique).

I. Introduction

Nous décrivons dans ce chapitre la mise en œuvre des propositions relatives à la gestion des opportunités de réduction des coûts. La liste d'inducteurs de coût et la typologie de modifications sont intégrées dans le modèle OSIRIS et leur mise en œuvre se fait donc à travers celle d'OSIRIS (voir Figure 54).

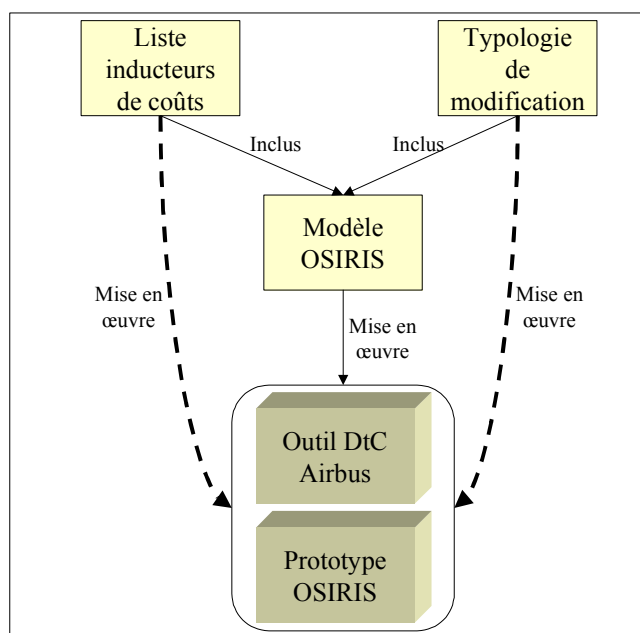


Figure 54 - Démarche de mise en œuvre de nos propositions

La mise en œuvre se divise en deux parties :

- * Création des connaissances selon OSIRIS : mise en œuvre à travers l'outil de formalisation des opportunités ;
- * Exploitation des connaissances relatives aux opportunités passées : réalisation d'un prototype OSIRIS permettant d'exploiter les opportunités passées.

II. Création de connaissances selon le modèle OSIRIS

II.1 Démarche de mise en œuvre de nos propositions dans l'outil DtC Airbus

Nous réalisons la mise en œuvre de nos propositions à travers l'outil de formalisation des opportunités développé chez Airbus. Au moment où nous avons commencé à réfléchir à la gestion des opportunités, le développement d'un outil informatique visant à formaliser les opportunités et suivre l'avancement des opérations DtC Airbus venait d'être lancé. Nous en avons profité pour intégrer dans l'outil en cours de développement certains champs nécessaires au fonctionnement du système basé sur

OSIRIS. Nous avons pour cela participé à la définition du modèle de formalisation des opportunités utilisé dans l’outil DtC. La mise en place et les tests de notre modèle n’ont pu être réalisés que chez Airbus. Chez Eurocopter, un outil de gestion des opportunités de réduction est également en cours de développement, mais celui-ci n’étant pas suffisamment avancé, nous n’avons pas pu expérimenter nos propositions chez Eurocopter.

L’objectif de la mise en œuvre de nos propositions dans l’outil Airbus est d’adapter la formalisation des opportunités chez Airbus, pour que le modèle OSIRIS soit renseigné. La principale difficulté liée à la description des opportunités est résumée par la contradiction suivante :

- * la description des opportunités doit être aussi détaillée que possible pour permettre la compréhension des opportunités passées (dans un nouveau contexte) et permettre d’identifier les contextes dans lesquels elles sont réutilisables,
- * les opportunités doivent être décrites avec un minimum d’informations car le renseignement des informations est une opération coûteuse.

Plusieurs versions de l’outil DtC Airbus ont été définies durant notre étude (voir Tableau 29). Cela nous a permis de tester et parfois d’adapter le modèle proposé pour la formalisation des opportunités.

N° de version de l’outil DtC	Date de création
Version 1	Septembre 2005
Version 2	Juin 2006
Version 3	Prévue pour le premier semestre 2007

Tableau 29 – Date de livraison des différentes versions de l’outil DtC Airbus

La version 1 de l’outil DtC Airbus devait impérativement être développée pour septembre 2005 afin qu’il puisse être utilisé sur un programme qui l’avait réclamé. Une personne de l’équipe DtC était chargée du développement de l’outil. Cette personne récoltait les exigences des futurs utilisateurs et les propositions des acteurs apportant une expertise. Dans ce contexte nous avons réalisé trois réunions avec le responsable outil pour assurer la cohérence entre le modèle de formalisation des opportunités utilisé dans la version 1 de l’outil DtC et les informations contenues dans le modèle OSIRIS. Nous avons utilisé la possibilité de tester notre modèle sur l’outil Airbus pour l’affiner et l’adapter en fonction des retours des utilisateurs. Ainsi nous avons interviewé 6 acteurs DtC Airbus durant une heure pour comprendre les champs qui posaient problème dans nos propositions. Nous en avons profité pour expliquer les modèles proposés et particulièrement la liste d’inducteurs de coût et la typologie de modifications.

Nous ne pouvions intégrer l'ensemble du modèle car celui-ci n'était pas suffisamment avancé. En mars 2006 ont été lancées les réflexions sur la version 2 de l'outil. Nous avons alors proposé d'intégrer l'ensemble des champs relatifs à OSIRIS³⁸ lors d'une réunion organisée pour récolter les évolutions souhaitées. Seulement une partie de nos propositions a été intégrée dans la version 2 et le reste sera intégré dans la version 3 de l'outil (prévue pour le premier semestre 2007).

L'approche adoptée pour finaliser le modèle de formalisation des opportunités est illustrée en Figure 55.

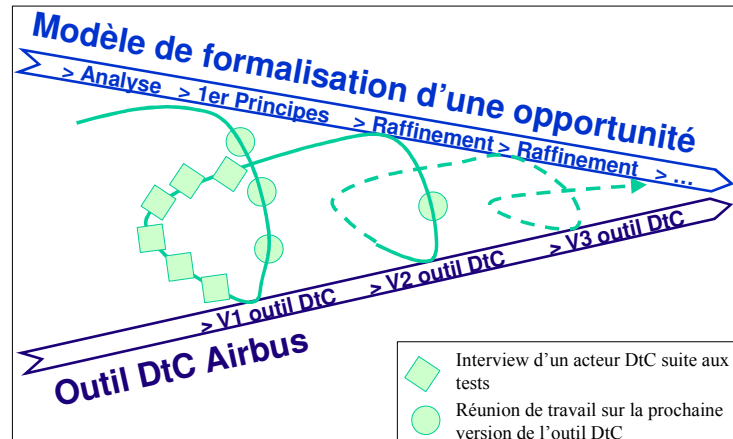


Figure 55 - Approche intégrée de définition de modèle et outil DtC (adapté de [LARDEUR et al. 2004])

II.2 Description des modifications apportées à la formalisation des opportunités

Il existe deux types d'attributs dans le modèle OSIRIS, ceux nécessaires pour le suivi des opportunités et ceux qui sont spécifiques au modèle OSIRIS. Nous identifions sur la Figure 56 les attributs du modèle OSIRIS qui ne sont pas renseignés pour la formalisation et le suivi des opportunités.

³⁸ Nous détaillerons ces champs dans la suite du chapitre 10.

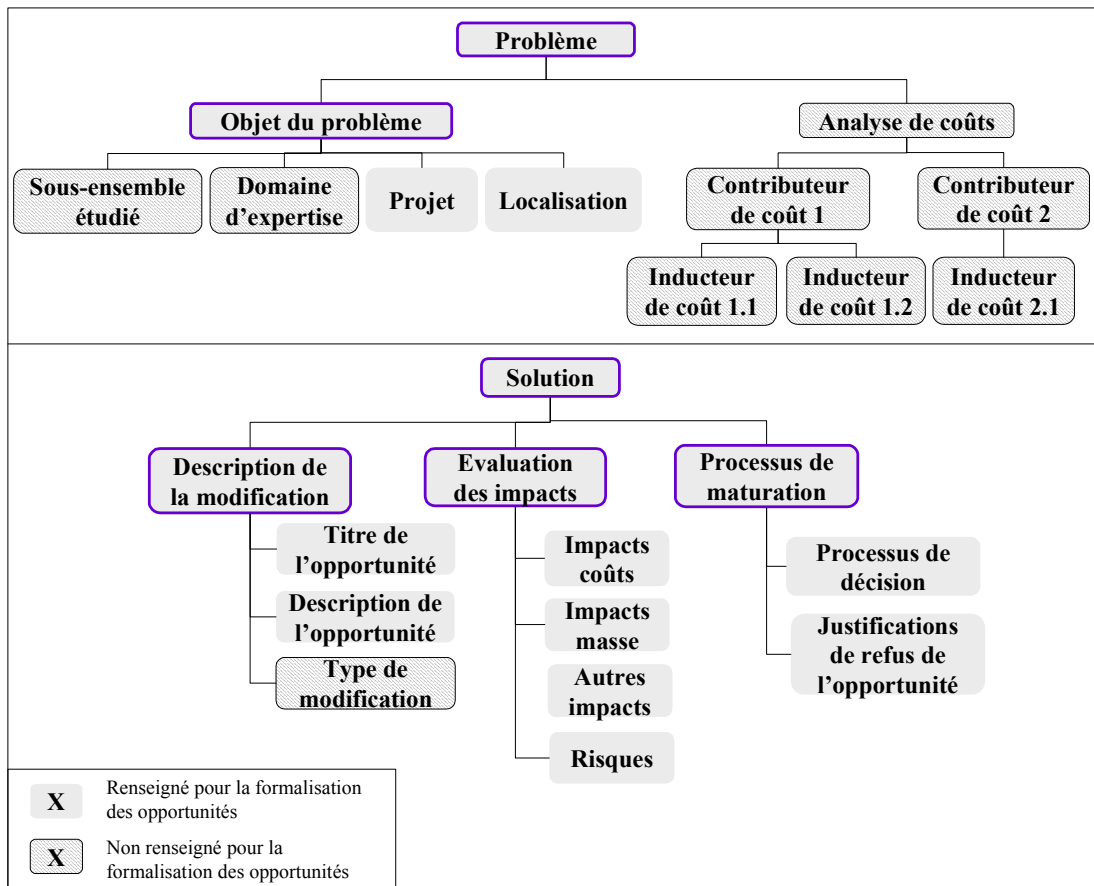


Figure 56 - Identification des attributs supplémentaires liés à OSIRIS dans la formalisation des opportunités

Nous identifions trois alternatives pour renseigner un attribut spécifique à OSIRIS³⁹ (voir Tableau 30) :

- * T1 - Champ ouvert – Attribut rempli par l'utilisateur
- * T2 – Choix parmi une typologie ou une liste prédéfinie – Attribut rempli par l'utilisateur
- * T3 – Champ n'apparaissant pas dans le modèle de formalisation – non rempli par l'utilisateur mais à l'aide de déductions issues d'autres champs renseignés (voir paragraphe III).

Pour chacun des attributs non renseignés pour la formalisation des opportunités, nous évaluerons les alternatives selon quatre critères :

- * C1 – Adéquation à la réalité : l'attribut renseigné doit être aussi représentatif de la réalité que possible ;
- * C2 – Unicité des termes utilisés : l'utilisation des informations spécifiques à OSIRIS sera d'autant plus efficace qu'un terme unique est utilisé pour des contenu identiques ;

³⁹ Les attributs spécifiques à OSIRIS sont ceux qui ne sont pas nécessaires à la formalisation et au suivi des opportunités dans le cadre des opérations DtC.

- * C3 – Compréhension partagée : les attributs spécifiques à OSIRIS doivent permettre une compréhension partagée (pour que chaque utilisateur de l’outil DtC Airbus donne le même type d’information lorsqu’il renseigne une opportunité, et comprenne le contenu des champs lorsqu’il consulte une opportunité) ;
- * C4 – Temps de remplissage : les champs rajoutés pour OSIRIS doivent être remplis le plus rapidement possible.

Nous synthétisons dans le Tableau 30 les principaux avantages et inconvénients associés aux trois alternatives pour renseigner les attributs spécifiques à OSIRIS.

	C1 - Adéquation à la réalité	C2 – Unicité des termes employés	C3 - Compréhension partagée	C4 - Temps de remplissage
T1 - Champ ouvert – rempli par l'utilisateur	Champ correspondant à la réalité	Plusieurs termes possibles pour la même signification	Risque de compréhension non partagée	Requiert du temps de remplissage supplémentaire
T2 - Choix parmi une typologie / liste – rempli par l'utilisateur	Risque de ne pas trouver le champ adéquat	Un seul terme pour la même signification	Risque de compréhension non partagée de la liste	Requiert du temps de remplissage supplémentaire
T3 - Champs n'apparaissant pas dans le modèle de formalisation – non rempli par l'utilisateur	Risque d'erreur	Un seul terme pour la même signification	Pas de risque de mauvaise compréhension car l'utilisateur n'intervient pas	Ne requiert pas de temps de remplissage supplémentaire

Tableau 30 - Alternatives et évaluations associées pour remplir un attribut

II.2.1 Sous-ensemble étudié

Trois alternatives ont été envisagées pour remplir le champ « Sous-ensemble étudié ». La première consistait à le faire par un champ ouvert. Cette alternative a rapidement été éliminée car il y avait un gros risque que le même sous-ensemble soit décrit par des termes différents. La deuxième alternative consistait à choisir parmi une typologie de sous-ensemble. Nous devons alors trouver une typologie comprise de tous et représentative des objets manipulés lors de la conception. Il n'existe pas de typologie de sous-ensemble reconnue de tous chez Airbus et Eurocopter. Par exemple, les typologies de pièces utilisées dans la comptabilité ne correspondent pas aux réalités de la conception. Nous avons choisi d'utiliser la typologie de pièces utilisée dans les usines Airbus France et de tester cette alternative sur la V1 de l'outil (voir Figure 57).

Process	MU	OBS	Technology Family	Cost Driver	Modification Type	Decision Driver
<input type="checkbox"/> Metallic : straight piping						
<input type="checkbox"/> Metallic : elbows						
<input type="checkbox"/> Metallic : rotating parts						
<input type="checkbox"/> Metallic : rotating parts with thread						
<input type="checkbox"/> Metallic : rotating parts with deviation						
<input type="checkbox"/> Metallic : rot parts - thread and dev.						
<input type="checkbox"/> Metallic : formed recessed parts						
<input type="checkbox"/> Metallic : flat recessed parts						
<input type="checkbox"/> Metallic : sections						
<input type="checkbox"/> Metallic : bent parts						
<input checked="" type="checkbox"/> Metallic : machined multiple-shape parts						
<input type="checkbox"/> Metallic : flat parts						
<input type="checkbox"/> Composite pipes with circular section						

Figure 57 – Extrait de la typologie proposée dans la version 1 de l'outil DtC Airbus

Le test a mis en avant que cette solution n'était pas adaptée pour les raisons suivantes :

- * cette liste est une liste française et n'est donc pas compréhensible par les entités allemandes, anglaises et espagnoles,
- * cette liste est relative aux usines et n'est donc pas claire pour des personnes qui travaillent dans la conception.

Nous avons choisi de ne pas faire remplir cet attribut par les acteurs DtC. Nous verrons dans le paragraphe suivant (III) comment nous remplissons cet attribut par l'utilisation de règles d'inférences. Les alternatives envisagées pour cet attribut et les évaluations associées sont synthétisées dans le Tableau 31.

Alternatives pour l'attribut « sous-ensemble étudié »	Type d'attribut			Evaluation des alternatives				Tests
	T1	T2	T3	C1	C2	C3	C4	
Champ ouvert : nom du sous-ensemble	X			++	--	--	=	Non testée
Typologie de pièces ou de technologies de fabrication issue du domaine de la fabrication		X		=	+	--	--	Testée sur V1
Non renseigné par les acteurs			X	-	-	+	++	Choisie pour V2

Tableau 31 – Evaluation⁴⁰ des alternatives pour l'attribut « sous-ensemble étudié »

⁴⁰ Ces évaluations sont issues des tests et discussions avec les acteurs DtC. Nous traduisons qualitativement leur ressenti.

II.2.2 Domaines d'expertise

Les problématiques ou contextes de réduction de coût peuvent être totalement différents d'un domaine d'expertise à l'autre. Cependant, un des objectifs de notre proposition est de permettre le partage des opportunités entre des domaines d'expertises différents; l'objet de ce champ est donc d'identifier les domaines totalement différents pour lesquels aucun transfert d'opportunités n'est à priori possible.

Trois alternatives ont été envisagées (voir Tableau 32). Nous avons donc choisi de garder les trois domaines d'expertise couramment utilisés dans l'aéronautique : la structure, l'architecture système et l'installation système. En effet, cette typologie est connue de tous. Grâce à la localisation appareil (champ rempli pour la formalisation des opportunités), il est possible de déduire le domaine d'expertise associé. Nous avons donc choisi de renseigner ce champ automatiquement pour faire gagner du temps à l'utilisateur.

Alternatives pour l'attribut « domaine d'expertise »	Type d'attribut			Evaluation des alternatives				Tests
	T1	T2	T3	C1	C2	C3	C4	
Champ ouvert : nom du métier ou domaine d'expertise	X			++	--	=	=	Non testée
Choix parmi une typologie de métiers ou de domaines d'expertise		X		=	++	=	--	Non testée
Non renseigné par les acteurs (sélection automatique parmi les trois domaines d'expertise reconnus chez Airbus et Eurocopter : structure, système, installation système)			X	++	+	++	++	Choisie pour V2

Tableau 32 – Evaluation des alternatives pour l'attribut « domaine d'expertise »

II.2.3 Inducteurs de coût

Pour renseigner le champ « inducteurs de coût » dans la version 1 de l'outil DtC Airbus, nous avons utilisé une liste simplifiée issue de la littérature et des exigences passées (voir Figure 58).

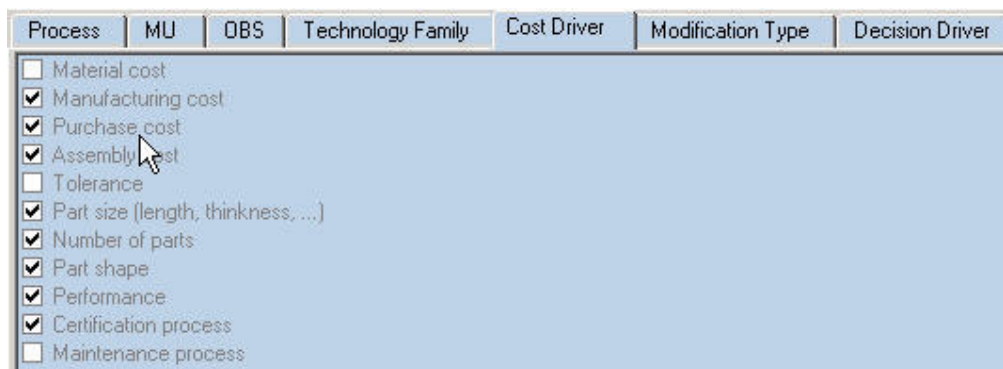


Figure 58 - Liste d'inducteurs de coût utilisée dans la version 1 de l'outil

Malgré la simplification réalisée, ce champ n'était quasiment pas rempli dans la version 1 de l'outil. Nous avons interrogé les six acteurs de l'équipe DtC Airbus ayant utilisé la version 1 de l'outil pour identifier les causes. Les raisons identifiées sont les suivantes :

- * l'utilité du champ n'est pas perçue,
- * la signification des champs n'est pas forcément claire,
- * les acteurs envisagent de renseigner ce champ en fin de projet.

Nous avons alors modifié la liste proposée pour aboutir à celle définie dans le chapitre 8 et nous avons communiqué sur l'importance et l'utilité de remplir ce champ.

Cette nouvelle version de la liste d'inducteurs de coût (décrite dans le chapitre 8) sera intégrée dans la version 3 de l'outil DtC. Les résultats de l'évaluation de la liste d'inducteurs de coût récurrents définitive sont décrits dans le chapitre 11.

II.2.4 Contributeurs de coûts

Nous avons dans un premier temps proposé une typologie de contributeurs de coûts pour renseigner cet attribut. Cependant, celle-ci n'a pas pu être intégrée dans l'outil DtC Airbus car la saisie de l'attribut « contributeurs de coûts » était identifiée comme trop contraignant. Nous avons donc choisi de remplir ce champ automatiquement en utilisant l'attribut « inducteur de coûts ». En effet, nous verrons dans le paragraphe III, qu'il est possible de déduire des informations sur les contributeurs de coûts à partir de l'attribut « inducteur de coût ».

Alternatives pour l'attribut « contributeur de coûts »	Type d'attribut			Evaluation des alternatives				Tests
	T1	T2	T3	C1	C2	C3	C4	
Choix parmi une typologie / liste prédéfinie de contributeurs de coûts		X		=	+	--	--	Non testée
Extraction automatique d'informations à partir des inducteurs de coût (les inducteurs de coût sont souvent rattachés à un contributeur de coût spécifique)			X	-	-	+	++	Choisie pour V2

Tableau 33 – Evaluation des alternatives pour l'attribut « contributeur de coût »

II.2.5 Type de modification

Dans le modèle de la solution, nous rajoutons uniquement un attribut décrivant le type de modifications lié à l'opportunité en cours de formalisation. Nous utilisons la typologie de modifications décrite au chapitre 8. C'est en effet un des piliers du modèle OSIRIS. Nous n'avons pas testé cette typologie, en effet au moment du développement de l'outil, la typologie de modifications n'était pas assez mature. Elle a uniquement été présentée aux équipes DtC et adaptée à leur remarques. Les résultats de l'évaluation de la typologie définitive sont décrits dans le chapitre 11.

II.2.6 Conclusion

Les solutions retenues pour renseigner les champs spécifiques à OSIRIS sont synthétisées dans le Tableau 34.

	Attributs	Types de champs choisis
Problème	Sous-ensemble étudié	Extraction automatique d'informations à partir du titre ou de la description de l'opportunité
	Domaine d'expertise	Sélection automatique d'un des trois domaines : structure, système, installation système
	Inducteur de coût	Choix parmi la liste d'inducteurs de coût
	Contributeur de coûts	Extraction automatique d'informations à partir des inducteurs de coût
Solution	Type de modifications	Choix parmi la typologie de modifications

Tableau 34 - Solutions retenues pour l'intégration d'OSIRIS dans l'outil DtC Airbus

III. Prototypage d'un système pour exploiter les opportunités passées

III.1 *Démarche de prototypage*

Pour présenter nos propositions aux futurs utilisateurs et les évaluer, nous avons développé un prototype basé sur le modèle OSIRIS. Ce prototypage s'est déroulé en deux étapes. Un premier prototype d'OSIRIS a été réalisé. Il nous a permis de faire une démonstration des principales fonctionnalités de l'outil et de vérifier l'intérêt des équipes pour ce type d'outil. Le premier prototype ne permettant pas aux utilisateurs de le manipuler et de se faire une idée des réelles fonctionnalités de l'outil, une fois l'intérêt pour ce type d'outil validé, nous avons poursuivi notre processus d'expérimentation. Nous avons lancé un projet en collaboration avec le laboratoire de Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris (à travers un stage de master recherche [BILLON L., 2006]) pour améliorer le premier prototype afin que les utilisateurs puissent le tester (pour se l'approprier et l'évaluer).

Nous avons travaillé en collaboration avec un expert dans les technologies du web sémantique et un étudiant en stage de master recherche. Notre rôle a consisté à orienter le choix dans les solutions techniques sélectionnées pour que celles-ci soient adaptées aux exigences de notre système.

III.2 Choix de la technologie

Deux technologies sont concurrentes pour le prototypage : les applications utilisant des bases de données et les applications web sémantiques [SPYNS P. *et al.*, 2002]. L'originalité de l'approche web sémantique par rapport à celles utilisant des bases de données est que cette technologie permet :

- * de partager des informations entre les hommes et les ordinateurs par l'utilisation d'une représentation commune et évolutive d'un domaine de connaissance : les ontologies. L'ontologie servira de colonne vertébrale de l'outil. L'ontologie est codée en langage RDFS (Resource Description Framework Schema) (issu de XML⁴¹), elle est constituée de classes, complétées par des relations entre les concepts définis ;
- * de retrouver les informations efficacement grâce à l'utilisation d'un moteur d'inférence ; un moteur d'inférence est un programme de déductions logiques. Il exploite une base de connaissances et une base de règles pour résoudre le problème spécifié, il est indépendant de la base de connaissances.
- * de raisonner sur l'information par l'utilisation de règles d'inférence qui représentent des connaissances spécifiques associées à un domaine. Les règles d'inférences sont des règles permettant de déduire de nouvelles connaissances à travers des connaissances existantes.

Nous identifions dans le Tableau 35 les avantages et inconvénients des applications web sémantiques et des applications utilisant des bases de données.

⁴¹ Extensible Mark-up Language

	Applications web sémantiques	Application utilisant des bases de données ou des modèles de données
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> * application externe aux données * partage d'informations entre les hommes et les ordinateurs par l'utilisation d'une représentation commune et évolutive d'un domaine de connaissances : les ontologies * utilisation d'un moteur d'inférence pour raisonner sur l'information et effectuer des recherches efficaces * utilisation de règles d'inférences pour représenter des connaissances spécifiques associées à un domaine * souple : modification facile 	<ul style="list-style-type: none"> * conçues avant tout pour satisfaire des exigences de performance * performants * peut être utilisé par un grand nombre d'utilisateurs
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> * moins performant que les systèmes utilisant des bases de données (en terme du nombre d'utilisateurs possibles par exemple) * manque de maturité de la techno 	<ul style="list-style-type: none"> * peu flexible, chaque évolution est longue et coûteuse * fonctionnalités de raisonnement limitées * fonctionnalités limitées pour analyser, combiner et déduire de nouvelles connaissances à partir des connaissances existantes

Tableau 35 - Avantages et inconvénients des applications web sémantiques et des applications utilisant des bases de données

Nous avons choisi la technologie du web sémantique pour le prototypage de notre modèle. Ce choix se justifie principalement par la nature évolutive du modèle à déployer. En effet, en fonction des évolutions de l'outil DtC ainsi que des évolutions de nos propositions, le modèle peut évoluer régulièrement, il est donc important que la technologie utilisée soit flexible.

III.3 Architecture du prototype

III.3.1 Ontologie

Nous décrivons en Figure 59 l'ontologie utilisée pour le deuxième prototype basé sur OSIRIS. Cette ontologie est plus riche que le modèle OSIRIS car pour le prototypage, nous avons cherché à rendre notre système plus accessible à l'utilisateur. On distingue trois blocs principaux dans l'ontologie définie :

1. Champs (« Field ») : cette classe est elle-même constituée de deux classes :
 - * Solution : la solution est décrite par la description de l'opportunité (complétée par le type de modification associé), le but de l'opportunité (« goal » : décrit le but de l'opportunité, quel coût on cherche à réduire), les évaluations et les décisions associées à l'opportunité ;

- * Problème (« Problem ») : le problème est décrit par l'analyse des coûts, la localisation avion et le domaine d'expertise associé (« skill »). Nous avons ajouté la classe d'analyse de la masse (« weight analysis »). En effet, bien que ces champs ne soient pas encore renseignés aujourd'hui, à terme l'outil Airbus gèrera à la fois les opportunités de réduction des coûts et des masses. Il est donc important que nous prenions en compte cette dimension pour la définition de notre système ;
2. Caractéristiques (« Feature ») : Cette classe est séparée du découpage Problème/Solution relatif à l'outil. Effectivement, elle vise à établir une caractérisation diversifiée des opportunités. Ses champs seront remplis par inférence en fonction des champs renseignés dans la partie Solution/Problème. Par exemple, elle permettra de marquer les opportunités qui concernent plutôt des nouvelles technologies, ou des opportunités spécifiques qui seront donc difficilement ré-applicables à un nouveau contexte. Cette structuration autonome dans l'ontologie permettra d'ajouter facilement d'autres caractérisations pour une opportunité.
 3. Règles (« Rule ») : Cette classe permet de tracer l'application des règles par rapport aux opportunités inférées⁴². Lorsque qu'un utilisateur trouvera dans le résultat relatif à sa requête, une opportunité inférée, il aura accès à un descriptif de la règle (présente dans l'ontologie) :
 - * description de la règle d'inférence,
 - * champs d'origine de l'opportunité,
 - * champs ajoutés par la règle,
 - * référence de la règle,
 - * personne ou équipe à l'origine de la règle.

Ces informations permettront ainsi d'ajouter de la transparence aux systèmes de règles d'inférence mais surtout d'évaluer si, dans notre contexte de recherche, la règle est pertinente. On connaît ainsi pour chaque opportunité inférée ce qui a été modifié, comment cela a été ajouté, qui est à l'origine de cet ajout.

⁴² Opportunités sur lesquelles ont été appliquées des règles d'inférence.

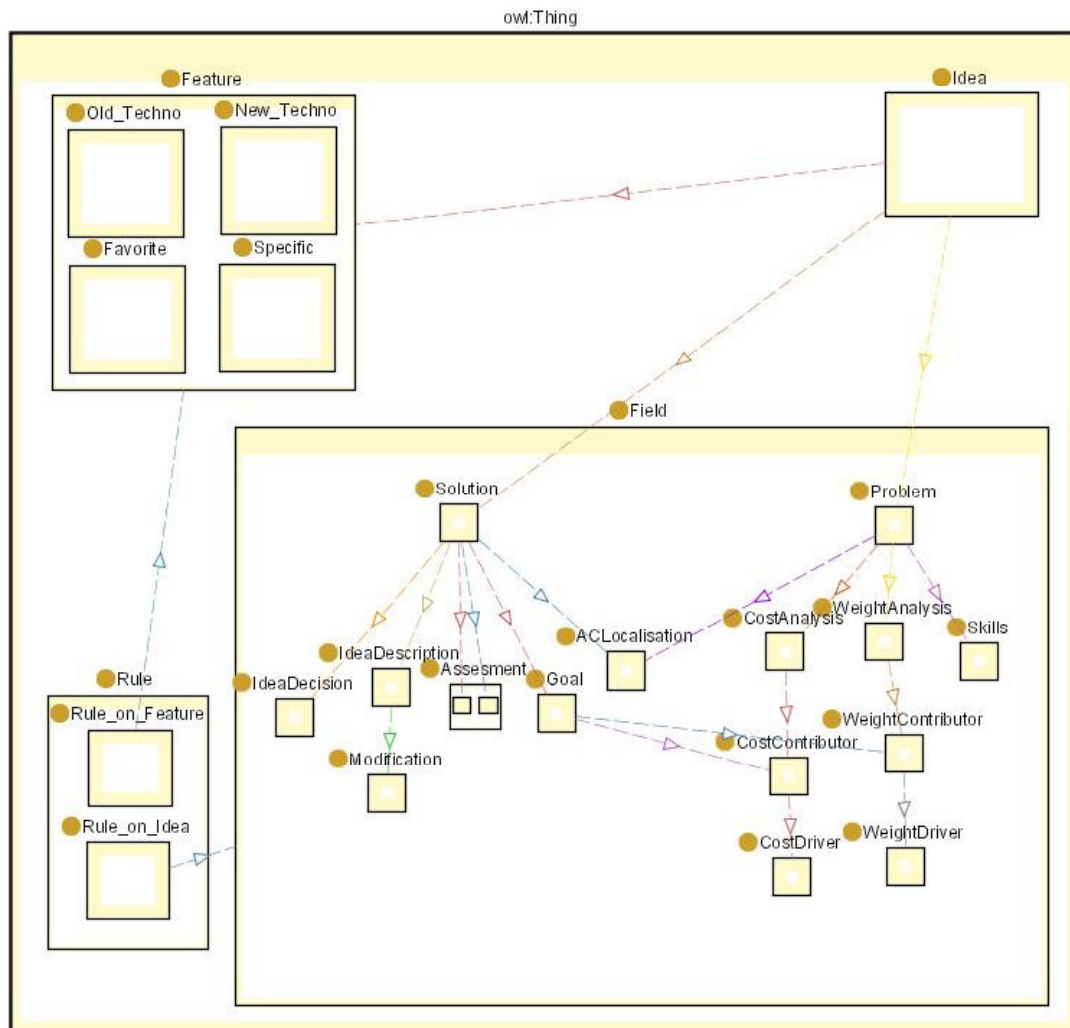


Figure 59 - Ontologie utilisée dans le deuxième prototype basé sur OSIRIS [BILLON L., 2006]

III.3.2 Prototypage d'OSIRIS sur KINO A

Une plate-forme basée sur le web sémantique ayant été créée au sein du Centre Commun de Recherche (CCR) EADS, nous l'avons utilisée et adaptée pour notre prototype, il s'agit de la plate-forme KINO A [LONGUEVILLE B., 2005]. Elle a été développée pour partager les annotations de documents au sein d'une équipe d'ingénierie. Cette plate-forme intègre le moteur de recherche sémantique CORESE [CORBY O. *et al.*, 2004] développé par l'INRIA. A ce moteur de recherche sont ajoutés un éditeur d'annotations et une interface de recherche développés au sein du CCR EADS. KINO A est un outil générique qui peut être adapté à différents contextes d'utilisation par l'intermédiaire de la définition d'une ontologie adaptée. C'est ce que nous faisons en intégrant l'ontologie définie précédemment.

Nous illustrons sur la Figure 60, l'architecture du prototype d'OSIRIS. L'outil DtC Airbus permet d'extraire chaque opportunité sous format XML. La plate-forme KINOA intervient en sortie de l'outil DtC et transforme chaque fichier XML en un fichier RDF représentant le problème et en un fichier RDF représentant la solution, ceci à l'aide de l'ontologie. Le moteur de recherche sémantique (CORESE) utilise les ontologies et les règles d'inférence pour les améliorer les fonctionnalités de recherche du prototype.

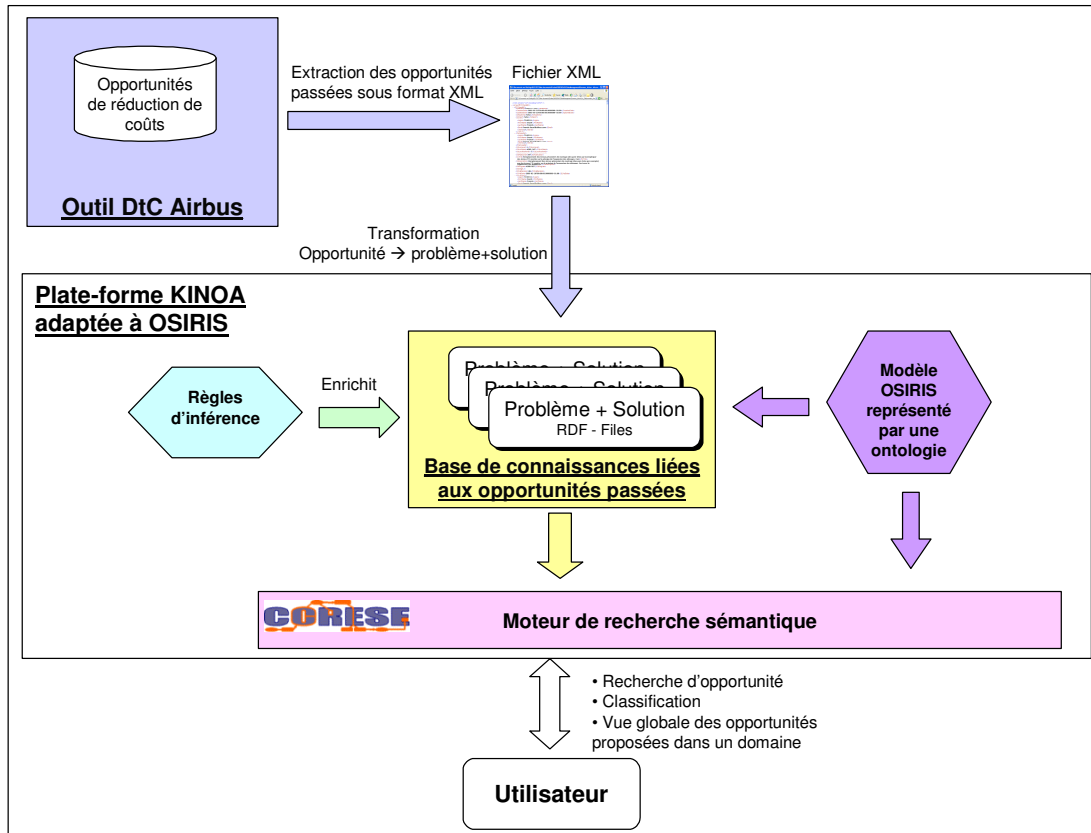


Figure 60 - Architecture du prototype basé sur le modèle Osiris

III.4 Scénario d'utilisation

Le premier prototype nous a permis de valider l'intérêt des équipes DtC pour notre système. Nous décrivons dans ce paragraphe les principaux résultats issus du projet mené en collaboration avec le laboratoire de Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris [BILLON L., 2006] qui ont abouti au deuxième prototype de notre système.

Le deuxième prototype comporte six interfaces qui sont toutes accessibles par des onglets. Le premier onglet est l'interface de requête présentée sur la Figure 61. Les trois onglets suivants concernent les interfaces de résultat (les captures d'écran relatives à ces interfaces sont représentées en annexe de ce rapport) :

- * Localisation,

- * Graphic,
- * Performance,
- * Modification,
- * List.

Une fois que la requête est effectuée, l'utilisateur peut visualiser les résultats selon les cinq interfaces. Sur chacune de ces interfaces, l'utilisateur pourra sélectionner les opportunités qui lui semblent pertinentes sur la vue en cours, afin de pouvoir les suivre sur les autres vues.

Pour illustrer les fonctionnalités du système proposé, nous décrivons dans ce paragraphe, un scénario d'utilisation du prototype. Un concepteur travaille dans une équipe chargée de définir l'installation des systèmes dans le fuselage central des appareils. Il doit proposer des opportunités de réduction des coûts pour un sous-ensemble dont il est responsable. Il a besoin de trouver des opportunités rapidement et n'a pas le temps de réaliser une analyse détaillée des coûts du sous-ensemble. Il utilise le prototype d'OSIRIS et lance des requêtes pour chacune des pièces constitutives du sous-ensemble. Celui-ci contient entre autre quatre vis avec goupilles. Il lance une requête pour chercher les opportunités stockées dont le titre contient « vis » et liées au domaine d'expertise « installation système » (voir Figure 61).

The image shows a web-based query interface. At the top, there is a 'Query' section with three sub-sections: 'Solution', 'Problem', and 'Feature'.
 - The 'Solution' section includes a text input for 'Containing' with the value 'SCREW', a dropdown for 'Modification Types' set to 'any', and a 'Modification Phase' section with a horizontal bar containing six buttons: 'Design Phase', 'Manufacturing', 'Product Policy', 'Procédures / Protocols', 'Procurement', and 'Logistic'. Below this is a 'Last Step Validated' section with a row of six numbered circles (0-5), where circle 3 is highlighted.
 - The 'Problem' section has a text input for 'Name of Part' with 'test', a dropdown for 'Aircraft Localisation' set to 'any', and a dropdown for 'Cost Driver' set to 'any or unknown'.
 - The 'Feature' section has a dropdown for 'Skills' set to 'Systems installation'.
 Below these sections are 'Search' and 'Rule' buttons.
 A large grey arrow points from the 'Query' section to a results area below. The results area has a navigation bar with tabs: 'Query', 'Localisation', 'Modification', 'Graphic', 'Performance', and 'List'. Below the tabs, it displays '0 answers' and a blue bar with the text 'Position View : Aircraft Localisation / Modification Phase'. A small icon is visible at the bottom left of the results area.

Figure 61 - Illustration d'une requête réalisée à travers le prototype

En réponse à la requête, aucune opportunité n'est proposée. Le concepteur choisit d'appliquer les règles d'inférence pour obtenir davantage de réponses à sa requête. Parmi les règles appliquées, on trouve la règle décrite dans le chapitre 9 (règle 2) qui élargit les opportunités relatives aux fixations à l'ensemble des domaines d'expertise (si le titre contient « screw, nut or fastener » et que domaine d'expertise = structure, alors l'opportunité répond aux problèmes dont le domaine d'expertise = architecture système ou installation système). Le système propose alors deux opportunités applicables dans le contexte de recherche (voir Figure 62). La vue performance sépare les idées matures⁴³ des idées non matures⁴⁴.

⁴³ Opportunités qui ont dépassé le « step 3 » et ont par conséquent été évaluées.

⁴⁴ Opportunités qui n'ont pas dépassé le « step 3 » et n'ont par conséquent pas été évaluées.

The screenshot displays a software interface with a navigation bar at the top containing buttons for 'Query', 'Localisation', 'Modification', 'Graphic', 'Performance', and 'List'. The 'Performance' button is selected. Below the navigation bar, the text '2 answers' is displayed. The first answer is titled 'Mature Idea (Step 4 and Step 5) : RC Labour / Aircraft Localisation'. It shows a value of '-0.063' and a description: 'Drilling, boring and countersinking and hi-lite screw installation on the automatical machine (BNDU-12-164)'. A search icon and a red 'X' icon are present, along with a progress bar where the number '5' is highlighted in green. The second answer is titled 'Non Mature Idea (Step 0 to Step 3) : Aircraft Location / Step'. It shows a value of 'S11/S12 Integration' and a description: 'Deletion of fasteners and screws with blocking axis (BNDU-14-005)'. A search icon and a red 'X' icon are present, along with a progress bar where the number '3' is highlighted in red.

Figure 62 - Réponse du système après application des règles, vue performance

Cet exemple illustre comment les règles d'inférence sont utilisées et comment celles-ci peuvent améliorer l'efficacité du système.

Synthèse

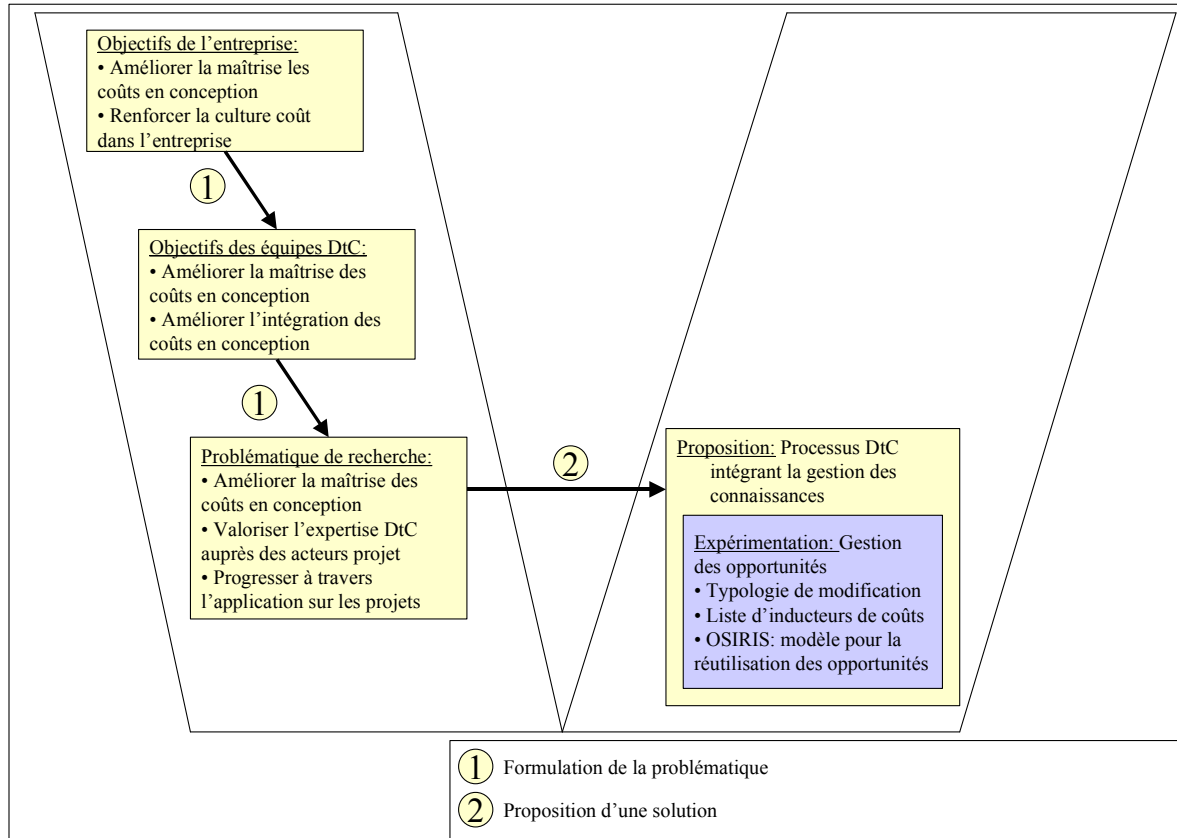


Figure 63 - Place de l'expérimentation dans notre démarche

Nous réalisons dans ce chapitre la mise en œuvre de nos propositions. Dans un premier temps, nous avons adapté l'outil DtC Airbus au modèle OSIRIS. Cela nous a permis d'affiner notre modèle en vérifiant son adéquation avec les activités des acteurs DtC. Nos propositions définitives relatives au modèle OSIRIS seront mises en place dans la troisième version à venir de l'outil Airbus. Dans un deuxième temps, nous avons développé un prototype basé sur le modèle OSIRIS à l'aide d'une plate-forme web sémantique appelée Kinoa. Un premier prototypage nous a permis de valider l'intérêt des équipes DtC pour le système proposé. Un deuxième prototype a alors été réalisé, c'est ce prototype qui sera utilisé pour évaluer nos propositions dans le chapitre suivant.

Chapitre 11 : Evaluation des propositions

Résumé

Nous présentons dans ce chapitre la démarche adoptée pour valider nos propositions. Nous nous concentrons ici sur la validation des propositions liées à la gestion des opportunités de réduction des coûts, soit la typologie de modifications, la liste d'inducteur de coût et le modèle OSIRIS, puis le processus de gestion des opportunités. Nous définissons pour chaque proposition les protocoles d'évaluation, les dimensions évaluées et les résultats de l'évaluation.

I. Démarche de validation

I.1 Une double évaluation

La Figure 64 synthétise notre démarche de recherche. La flèche 1 représente la formulation de la problématique de recherche, la flèche 2 représente le processus DtC proposé dans le chapitre 7.

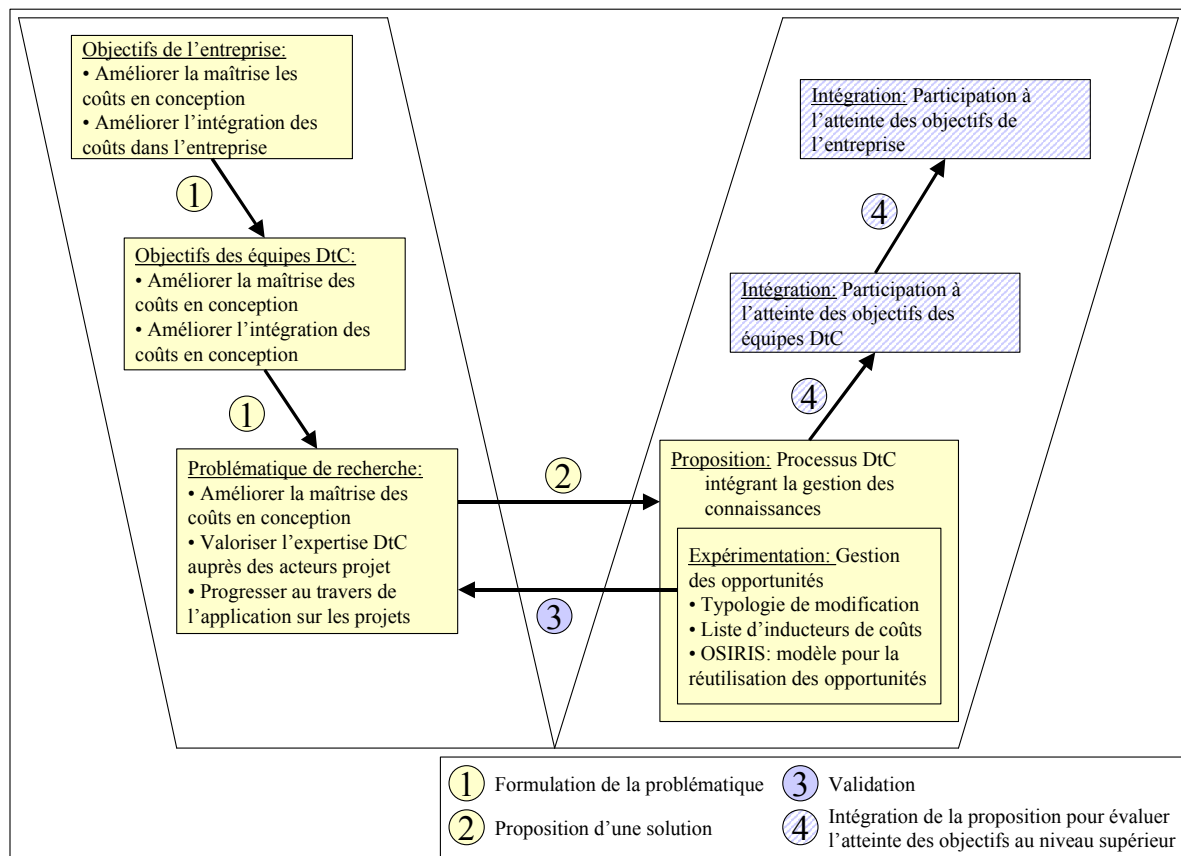


Figure 64 – Validation et intégration de nos propositions au sein de notre démarche de recherche

Idéalement, l'évaluation de nos propositions devrait se faire selon deux aspects (voir Figure 64) :

- * Aspect 1 (flèche 3) - validation de nos propositions en montrant que la mise en place des flux de connaissance permet d'améliorer les trois points identifiés dans la problématique.
- * Aspect 2 (flèche 4) - validation de l'intégration de nos propositions en vérifiant que notre proposition permet effectivement de répondre aux problématiques des équipes DtC, ainsi qu'aux problématiques de l'entreprise.

Nous évaluons nos propositions uniquement selon le premier aspect. En effet, nos propositions sont aujourd'hui prototypées mais le déploiement chez Airbus est prévu pour 2008. Il paraît donc

difficile de vérifier l'intégration des solutions proposées. L'évaluation selon le premier aspect se fait à deux niveaux :

- * Evaluation au niveau de chaque proposition : liste d'inducteurs de coût, typologie de modifications et modèle OSIRIS.
- * Evaluation au niveau du processus de gestion des opportunités de réduction des coûts : validation de la participation du processus proposé à l'amélioration de la maîtrise des coûts, à la progression à travers les projets et à la valorisation de l'expertise DtC.

1.2 Protocole de validation

Les validations ont été réalisées auprès des acteurs DtC Airbus. Nous nous sommes concentrés sur les acteurs DtC car ce sont les seuls qui aujourd'hui manipulent l'outil DtC. Nous nous concentrons sur l'entreprise Airbus car la base d'opportunités passées chez Eurocopter n'est pas assez fournie⁴⁵ et car l'outil DtC Eurocopter est en cours de développement.

Nous avons utilisé deux types d'évaluation : les tests en collaboration avec des utilisateurs basés sur une manipulation de l'application et les interviews (voir Tableau 36). Nous avons mené 27 heures d'interviews et tests pour évaluer nos propositions.

N°	Interviews et/ou tests	Nombre de personnes interrogées	Durée de chaque interview/test	Objectif des interviews
1	Interviews	6	1h	Tester la pertinence de la liste d'inducteurs de coût et la typologie de modifications
2	Interviews et tests avec le prototype	6	1h	Evaluer les résultats obtenus dans le cadre du Master recherche réalisé en collaboration avec l'Ecole Centrale Paris
3	Interviews et manipulation de l'application	6	2h	Evaluer l'efficacité du prototype auprès de 4 acteurs DtC opérationnels ⁴⁶
4	Interviews	1	3h	Evaluer les impacts de nos propositions au niveau de l'équipe DtC

Tableau 36 - Synthèse du protocole de validation de nos propositions

Nous détaillons le contenu des interviews et/ou test dans les paragraphes suivants. Précisons simplement que les manipulations du prototype sont réalisées avec une base contenant 311 opportunités proposées durant la phase de développement de l'opération 1.

⁴⁵ Aujourd'hui une cinquantaine d'opportunités est exploitable chez Eurocopter, contre 311 chez Airbus.

II. Validation de la typologie de modifications et de la liste d'inducteurs de coût

Nous identifions trois dimensions à évaluer pour valider la typologie de modifications et la liste d'inducteurs de coût :

- * l'accessibilité (est-ce que les listes sont compréhensibles par l'ensemble des utilisateurs potentiels ?) ;
- * la pertinence (est-ce que le contenu des propositions est valide techniquement ?) ;
- * les fonctionnalités (est-ce que les propositions permettent d'améliorer l'exploitation des opportunités passées ?)

Ces deux propositions sont évaluées simultanément car elles sont de même nature (liste permettant de classer et caractériser les opportunités de réduction des coûts).

Nous synthétisons dans le Tableau 37 les informations relatives à l'évaluation de ces propositions.

⁴⁶ Les acteurs DtC opérationnels sont ceux qui interviennent sur les plateaux projets pour mettre en place le DtC. Ce sont eux qui ont l'expérience de la recherche d'opportunités de réduction des coûts.

Objet évalué	Dimension évaluée	Interview et/ou tests	Mode d'évaluation	Métrique	Résultats (moyenne pour chaque métrique)
Typologie de modifications	Validation de l'accessibilité	Interviews	Identifier les termes de la typologie qui ne sont pas compréhensibles	Nombre de types de modification compris/ 53 (Nombre total de types de modification)	97% des termes sont compréhensibles
	Validation de la pertinence	Interviews	Choisir 10 opportunités et les classer dans la typologie de modifications	Nombre d'opportunités classées / 10 (nombre d'opportunités proposées)	100% des opportunités sont classées
	Validation fonctionnelle	Interviews et tests avec le prototype	Test pour deux contextes de recherche : avec le nom de la typo et sans	Nombre d'opportunités trouvées avec et sans la typologie	3,5 opportunités supplémentaires par requête
				Nombre d'opportunités applicables trouvées avec et sans la typologie	1,2 opportunités applicables supplémentaires par requête
Liste d'inducteurs de coût	Validation de l'accessibilité	Interviews	Identifier les termes de la liste qui ne sont pas compréhensibles (interviews)	Nombre d'inducteurs de coût compris/ Nombre total d'inducteurs de coût(50)	99% des termes sont compréhensibles
	Validation de la pertinence	Interviews	Identifier les contextes de recherche de réduction de coûts pour les 10 opportunités identifiées et sélectionner les inducteurs de coût	Nombre d'opportunités classées / Nombre d'opportunités non classées	100% des contextes sont caractérisés par des inducteurs de coût
	Validation fonctionnelle	Interviews et tests avec le prototype	Test pour deux contextes de recherche : avec les inducteurs de coût dans la requête et sans	Nombre d'opportunités trouvées avec et sans inducteurs de coût	1,9 opportunités supplémentaires par requête
				Nombre d'opportunités applicables avec et sans inducteurs de coût	1,1 opportunités applicables supplémentaires par requête

Tableau 37 - Synthèse sur la validation de la typologie de modifications et de la liste d'inducteurs de coût

II.1 Validation de l'accessibilité

Pour valider l'accessibilité de la typologie de modifications et de la liste d'inducteurs de coût nous avons réalisé une première série d'interviews auprès de six personnes de l'équipe DtC Airbus. Nous les avons interrogés sur leur compréhension de la liste d'inducteurs de coût et de la typologie de modifications. Cette première série d'interviews a abouti à la modification des ces deux propositions. Une deuxième série d'interviews a été réalisée auprès de six acteurs (dont deux qui avaient réalisé la première série d'interviews) pour valider les propositions modifiées.

II.2 Validation fonctionnelle

La validation fonctionnelle s'est faite à partir de tests sur le prototype avec six utilisateurs. Chaque utilisateur devait décrire un contexte de recherche d'opportunités dans lequel il s'était déjà trouvé. Nous leur avons proposé de lancer entre une et cinq requêtes chacun dans le prototype d'OSIRIS correspondant au contexte décrit. Parmi les opportunités proposées en réponse aux requêtes,

nous leur avons demandé d'identifier celles qui sont applicables. Rappelons qu'une opportunité applicable est une opportunité qui passerait le premier jalon du processus de maturation des opportunités pour être évaluée.

Pour valider nos propositions, nous avons modifié les 311 opportunités de la base de test. En effet, nous verrons que pour un fonctionnement optimal du prototype, certains champs comme le type de modification ou les inducteurs de coût doivent être renseignés. En tout, 11 requêtes ont été lancées. Nous décrivons ci-dessous les résultats de la validation.

II.2.1 Typologie de modifications

Nous avons classé les 311 opportunités de la base dans la typologie de modifications et nous avons renseigné cet attribut dans le fichier XML de chaque opportunité. Nous validons la fonctionnalité de la typologie de modifications en comparant les résultats des requêtes lorsque ce champ est renseigné dans l'opportunité et lorsqu'il ne l'est pas. Les résultats des requêtes sont illustrés sur la Figure 65. On peut voir que l'utilisation de la typologie de modifications permet d'améliorer le nombre d'opportunités trouvées et le nombre d'opportunités applicables. Nous expliquons le fait que le nombre d'opportunités trouvées soit supérieur avec le type de modification, par les règles d'inférence. Ces tests nous permettent donc de valider les fonctionnalités de la typologie de modifications.

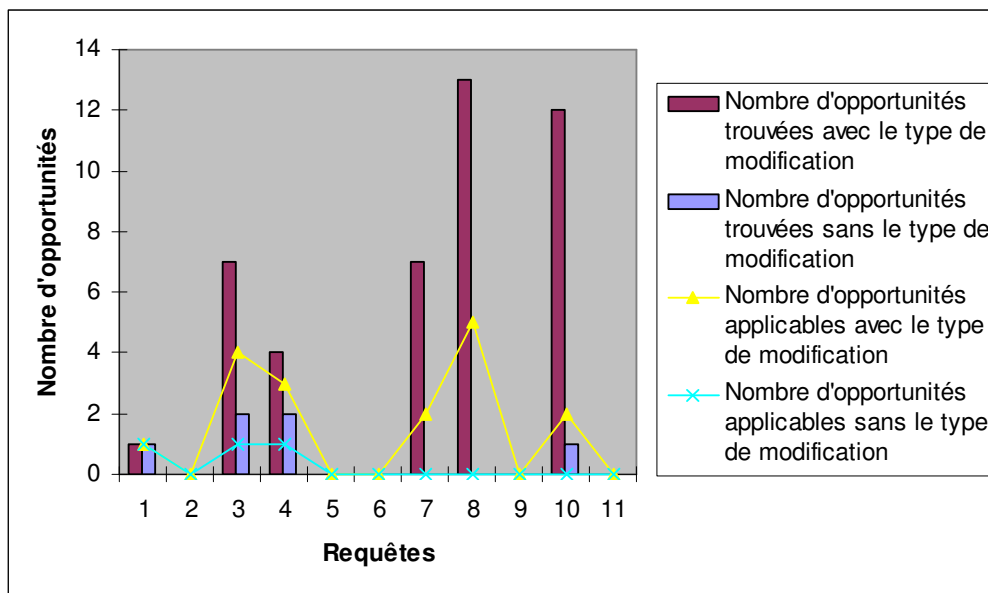


Figure 65 - Résultats de la validation fonctionnelle de la typologie de modifications

II.2.2 Liste d'inducteurs de coût

Nous avons renseigné le champ « inducteurs de coût » par le biais d'une règle d'inférence qui en fonction du type de modification déduit un ensemble d'inducteurs de coût (par exemple : si le type de modification est « Changer le processus de fabrication », les inducteurs de coût possibles seront

« nombre d'étape de fabrication » et « ordre des étapes de fabrication »). Les résultats des tests sont représentés en Figure 66 et nous permettent de valider le principe des inducteurs de coût comme modélisation des problèmes.

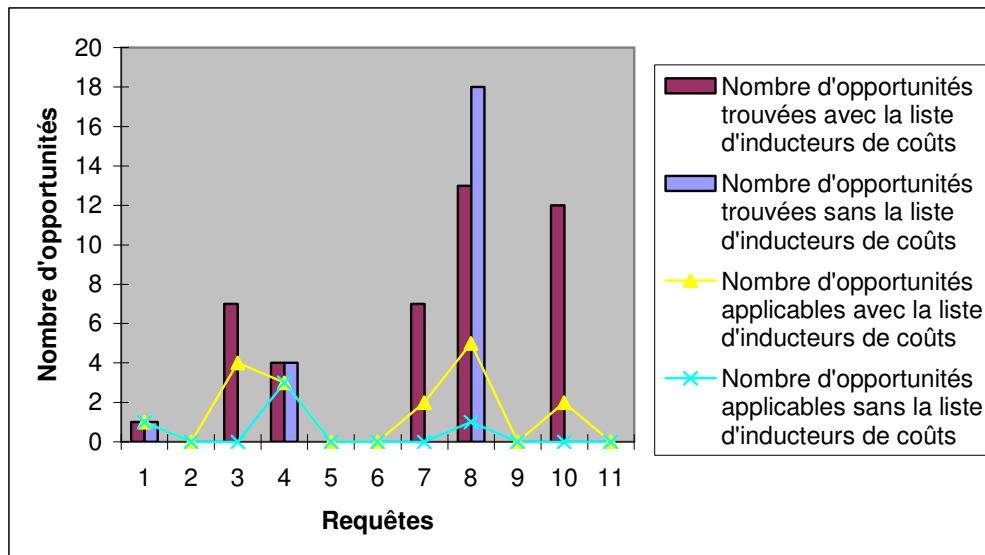


Figure 66 - Résultats de la validation fonctionnelle de la liste d'inducteurs de coût

Les résultats des requêtes pourraient à terme être améliorés lorsque l'attribut « inducteur de coût » sera renseigné à la main par des experts et non plus par une règle d'inférence.

III. Evaluation du système basé sur OSIRIS

Cette évaluation est divisée en deux parties, la première vise à vérifier que les exigences du système⁴⁷ sont respectées et la deuxième vise à évaluer les fonctionnalités réalisées par le système en réponse au cahier des charges.

III.1 Respect des exigences

Les exigences de flexibilité et d'évolutivité du système sont apportées par la technologie du web sémantique. En effet, nous avons vu dans le chapitre 10 que cette technologie présente l'avantage d'être modifiable sans impacter les données (en modifiant l'ontologie). De plus ce système est flexible et supporte les requêtes ou informations incomplètes.

Notre proposition se base sur l'hypothèse que les connaissances relatives aux projets passés sont suffisantes pour permettre d'améliorer le processus de maîtrise des coûts. Pour valider cette hypothèse, nous évaluons le nombre d'opportunités proposées sur un projet. Sur l'opération 1, 390 opportunités ont été proposées. Or cette opération correspond à l'application locale du DtC. Le DtC a

⁴⁷ Flexibilité, évolutivité, nombre d'opportunité suffisant, capacité ne pas prendre en compte les opportunités obsolètes, ergonomie.

été appliqué sur environ un dixième de l'appareil, nous pouvons imaginer qu'appliquée à l'ensemble de l'appareil, le nombre d'opportunités proposées aurait pu s'élever à 3900 opportunités. De plus, pour cette opportunité le DtC a été appliqué lors de la phase de développement. Nous estimons que le nombre d'opportunités proposées durant la phase de développement est quatre fois plus important que sur le reste du projet. Nous estimons à 5000 le nombre d'opportunités proposées sur un projet, ce qui est selon nous suffisant pour permettre d'améliorer le processus de créativité.

Il n'existe aujourd'hui pas de fonctionnalités dans le prototype permettant de ne pas prendre en compte les opportunités qui ne présentent plus d'intérêt. Les seuls filtres possibles se font par rapport aux noms des programmes et à la date de création des opportunités. Cette solution ne paraît pas optimale et présente le risque de ne pas prendre en compte des opportunités qui sont applicables à certains problèmes de réduction des coûts.

Les interviews réalisées lors du projet de master recherche en collaboration avec l'Ecole Centrale Paris ont permis de valider les interfaces du prototype de manière qualitative [BILLON L., 2006]. Pour encourager les acteurs à réutiliser les opportunités passées, l'ergonomie du système proposé doit prendre en compte la navigabilité et la lisibilité (contenu informationnel) du système. Dans notre contexte, le critère de validation a été le nombre de champs à remplir sur les deux outils comparés. La métrique que nous utilisons pour valider l'interface est la suivante : Nombre de champs sur l'interface de requête du prototype d'OSIRIS / Nombre de champs sur l'interface de l'outil Airbus. L'interface de recherche de l'outil Airbus contient 49 attributs différents, alors que notre prototype en contient 8. Cette dimension est très importante puisque c'est ce qui fait la différence dans l'utilisation de l'outil. Ainsi il y a six fois plus de champs sur l'outil Airbus.

III.2 Evaluation des fonctionnalités du système

Nous évaluons à présent les réponses du système proposées. Rappelons les fonctionnalités identifiées dans le chapitre 9 pour ce système :

- * susciter de nouvelles opportunités de réduction des coûts par la réutilisation des opportunités créées dans le passé,
- * juger de l'applicabilité d'une opportunité dans un contexte donné avec les règles d'inférence,
- * capacité à guider la créativité,
- * partager les opportunités entre projet

Nous synthétisons dans le Tableau 38 les méthodes et résultats des évaluations relatives au système basé sur OSIRIS.

Dimension évaluée	Interview et/ou tests	Mode d'évaluation	Métrique	Résultats (moyenne pour chaque métrique)
Efficacité du système basé sur OSIRIS	Interviews et tests avec le prototype	Comparaison des résultats des requêtes obtenus avec le prototype et avec l'outil Airbus	Nombre d'opportunités applicables/Nombre d'opportunités trouvées	Requêtes plus efficace avec OSIRIS
		Test pour deux contextes de recherche : avec et sans règle d'inférence	Nombre d'opportunités trouvées avec et sans règle d'inférence	2,2 opportunités supplémentaires par requête
			Nombre d'opportunités applicables avec et sans règle d'inférence	1,3 opportunités applicables supplémentaires par requête

Tableau 38 - Synthèse sur la validation des propositions relatives à la gestion des opportunités

L'évaluation des deux premières dimensions a été réalisée par le biais de tests avec les utilisateurs.

Les résultats de la première série de tests sont représentés sur la Figure 67. Le nombre d'opportunités trouvées avec l'outil DtC Airbus est très important. Cependant, le nombre d'opportunités applicables est faible et parfois nul parce que les utilisateurs découragés par un trop grand nombre de réponses ne prennent pas le temps d'examiner celles qui sont applicables. Nous validons ici le fait que lorsque l'utilisateur fait face à un problème de réduction des coûts, le prototype basé sur OSIRIS est plus adapté que l'outil Airbus.

Notons cependant les limites de ce test. En effet, nous avons demandé aux acteurs de saisir dans l'outil Airbus les requêtes saisies dans le prototype basé sur OSIRIS. Les interfaces sont différentes et en cas d'utilisation réelle de l'outil Airbus l'utilisateur aurait sans doute lancé des requêtes différentes.

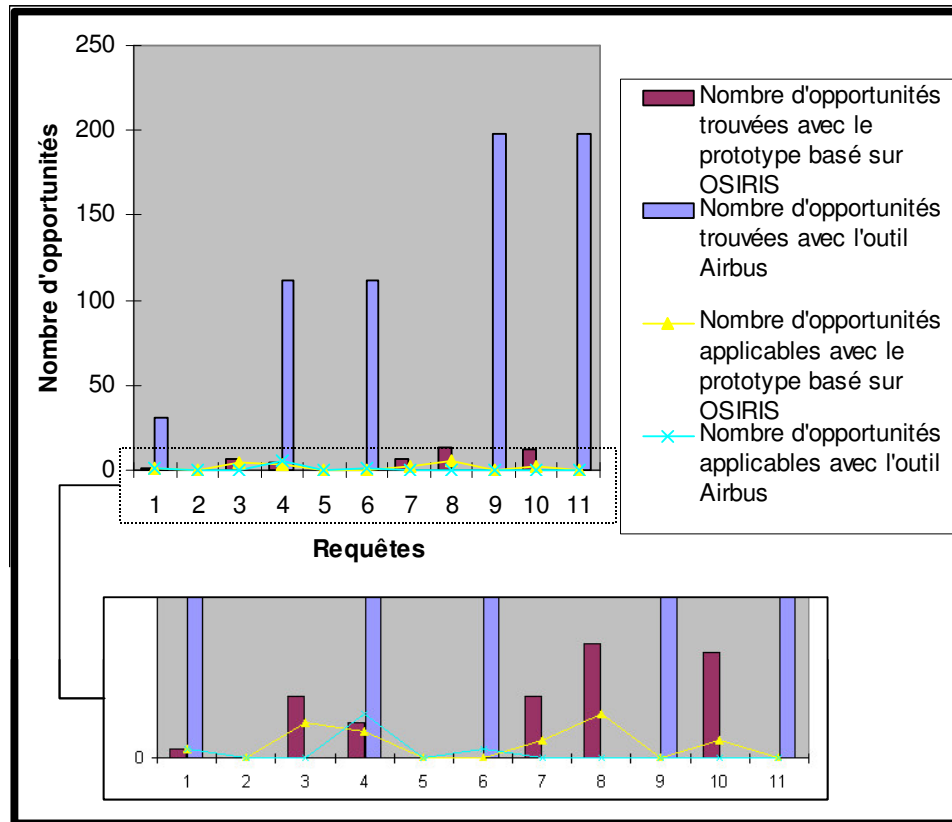


Figure 67 - Résultats des tests réalisés avec l'outil Airbus et avec le prototype basé sur OSIRIS

Afin d'évaluer l'efficacité des règles d'inférence, nous avons réalisé des tests avec et sans règles d'inférence. Les résultats obtenus sont décrits en Figure 68. Aujourd'hui, la base de règles d'inférences contient 15 règles. Elle pourra être complétée au fur et à mesure de l'utilisation de l'outil. Notons que les résultats des requêtes sont les mêmes que celles réalisées sans les inducteurs de coût. Ceci est dû au fait que la seule règle utilisée est celle permettant de renseigner le champ « inducteurs de coût ».

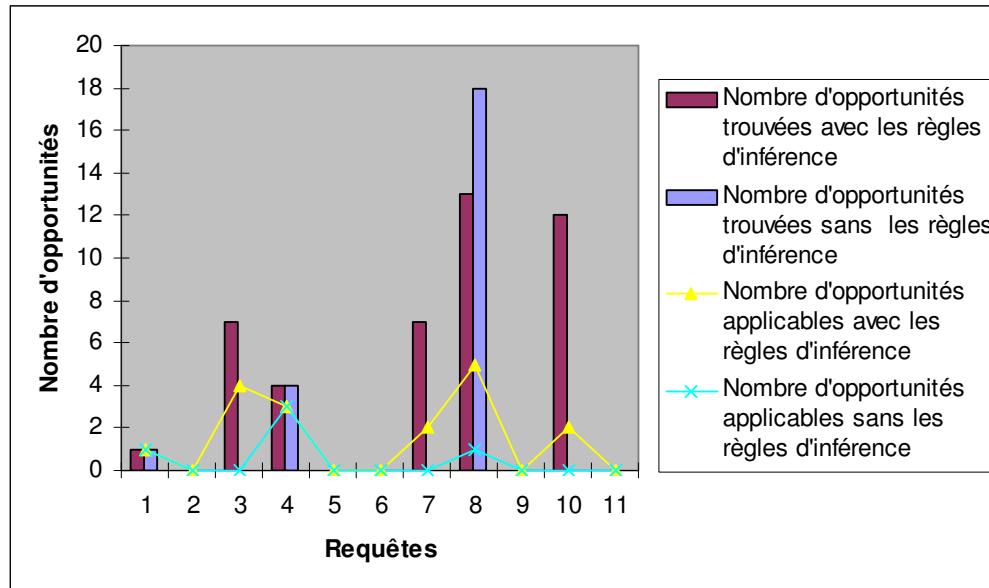


Figure 68 - Résultats des tests réalisés avec et sans règles d'inférence

Les 311 opportunités de la base sont liées au même projet et à la même localisation avion. Le contenu de la base ne permet donc pas d'évaluer la capacité à partager les opportunités.

De plus, nous n'avons pas évalué la capacité du système à guider la créativité car le système est un prototype, et l'évaluation de la capacité du système à guider la créativité repose sur un déploiement de l'outil à grande échelle. Notons simplement que les fonctionnalités dans le prototype permettant de guider la créativité méritent d'être approfondies.

IV. Processus DtC proposé

Nous avons évalué dans le début de ce chapitre, chacune des propositions relatives à la gestion des opportunités. L'objectif de ce paragraphe est d'évaluer le processus de gestion des opportunités proposé dans le chapitre 7. Nous cherchons à valider le fait que l'utilisation de ces propositions permet effectivement d'améliorer le processus de gestion des opportunités, de valoriser l'expertise DtC par rapport aux acteurs projet et de progresser à travers les projets. Le protocole utilisé pour cette évaluation est qualitatif, nous avons interrogé six acteurs de l'équipe DtC afin d'évaluer les impacts potentiels de nos propositions.

De manière générale, selon les interviewés, l'outil permet un réel questionnement nécessaire à l'identification du problème de réduction des coûts. Il guide la créativité (quoique cette fonctionnalité mérite d'être approfondie) en identifiant certains manques au niveau des opportunités (peu d'effort ont été fait sur une localisation précise par exemple). De plus, l'utilisation des règles d'inférence permet « de sortir des sentiers » et de la même manière, de susciter un questionnement propice à la création de nouvelles opportunités.

D'après le responsable de l'équipe DtC Airbus, un tel outil permettrait de renforcer le rôle de catalyseur de l'équipe DtC en termes de création de nouvelles opportunités de gains auprès des concepteurs. Et ce, grâce à des questionnements intéressants et un transfert d'opportunités entre les différentes parties de l'appareil qui permettent d'animer plus facilement des sessions de travail avec les acteurs projet. Pour les acteurs DtC l'outil permet un réel décloisonnement entre les différentes localisations avion en donnant un accès aux opportunités issues d'autres sessions de travail.

Le système permet également une réelle progression à travers les projets puisque avec le temps la base d'opportunités grossira et l'efficacité des recherches pourra grandir. Une condition pour que l'efficacité des recherches augmente avec le nombre d'opportunité est que le système soit capable de ne pas prendre en compte les opportunités obsolètes et que la notion d'applicabilité se précise à travers l'amélioration en continue des règles d'inférence.

Ainsi les acteurs DtC estiment que le processus proposé permet effectivement d'améliorer la maîtrise des coûts, la valorisation de l'expertise des acteurs DtC et la progression à travers des projets. Ainsi l'intégration des connaissances dans le processus de gestion des opportunités permet d'améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception. Un prérequis est que le stock de connaissances soit suffisant et correctement géré pour que les connaissances obsolètes ne soient pas prises en compte.

Synthèse

Nous avons évalué dans ce chapitre les propositions relatives à la gestion des opportunités de réduction des coûts. La validation de la typologie de modifications et de la liste d'inducteurs de coût passe par une validation de l'accessibilité, une validation de la pertinence et une validation fonctionnelle. La validation du modèle OSIRIS se fait à travers le prototype. Il passe par la vérification du respect des exigences pour le système et par l'évaluation des fonctionnalités fournies par le système. Nous validons le processus proposé pour la gestion des opportunités et nous en déduisons qu'à condition que le stock de connaissances passées soit suffisant, l'intégration de la gestion des connaissances permet effectivement d'améliorer le processus de maîtrise des coûts.

Conclusion générale

I. Résultats scientifiques : synthèses, apports, limites et perspectives

I.1 Processus de maîtrise des coûts intégrant la gestion des connaissances

I.1.1 Synthèse

Nous proposons un processus Design to Cost intégrant la gestion des connaissances pour améliorer l'intégration et la maîtrise des coûts en conception. Le processus de gestion des cibles proposé s'appuie sur les estimations de coûts et les allocations de cibles réalisées dans le passé pour améliorer la méthode d'allocation des cibles. Le processus de gestion des opportunités de réduction des coûts proposé s'appuie sur l'exploitation des opportunités passées pour améliorer les méthodes de créativité. Enfin nous proposons d'améliorer le processus de suivi et pilotage en construisant la courbe idéale d'atteinte d'une cible. Pour cela nous nous appuyons sur les caractéristiques liées au contexte de l'opération DtC et sur les courbes d'atteintes des cibles sur les projets passés.

I.1.2 Apports

Nous montrons que l'intégration de la gestion des connaissances pour résoudre un dysfonctionnement lié à la maîtrise des coûts permet d'améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception.

La littérature sur la maîtrise des coûts souligne l'importance de la gestion des connaissances dans ce domaine mais ne propose pas de processus intégrant cette dimension. De plus, l'originalité de notre approche réside dans le fait que nous traitons simultanément la maîtrise et l'intégration des coûts en conception.

I.1.3 Limites

Le processus proposé ne permet pas de résoudre l'ensemble des dysfonctionnements associés à la maîtrise des coûts et ne permet pas de réunir l'ensemble des dimensions nécessaires à l'intégration d'un paramètre⁴⁸. Nos propositions permettent donc des améliorations substantielles de la maîtrise et de l'intégration des coûts, mais ne peuvent pas permettre d'espérer que cette maîtrise soit absolue ni que l'intégration des coûts soit totale.

I.1.4 Perspectives

Seules les propositions relatives au processus de gestion des opportunités ont été outillées. Une perspective d'étude consisterait à outiller le processus proposé pour la gestion des cibles et pour le suivi / pilotage. La création d'un outil de suivi se basant sur les expériences des projets passés pour

⁴⁸ Ces dimensions sont identifiées dans le chapitre 5.

construire la courbe idéale d'atteinte de la cible en fonction des contraintes du projet nous paraît particulièrement intéressante.

Nous n'avons pas pris en compte les phases d'avant-projet dans notre étude. Il serait intéressant d'aborder les problématiques traitées pour les phases amont de la conception. C'est en effet à ce moment que la marge de manœuvre est la plus importante et que les gains possibles sont les plus importants.

1.2 OSIRIS : un modèle permettant l'exploitation des opportunités passées

1.2.1 Synthèse

Nous proposons un modèle de formalisation des opportunités de gain de coût appelé OSIRIS. A partir de ce modèle, nous construisons un système permettant d'améliorer le processus de gestion des opportunités de réduction des coûts et de palier les déficiences d'une organisation par projet en favorisant la réutilisation des opportunités passées.

Afin de développer une méthode efficace pour exploiter les opportunités passées, nous proposons une approche similaire à celle de TRIZ. Notre approche repose tout d'abord sur la décomposition d'une opportunité en un problème et sa solution. Chaque opportunité correspond à un problème de réduction de coûts, et une solution associée. Dans TRIZ, l'abstraction du problème est liée à l'identification des paramètres contradictoires justifiant la complexité de ce problème. Dans notre cas, la complexité du problème est représentée par les inducteurs de coût, que nous utilisons pour notre modélisation. Dans TRIZ, les solutions sont modélisées par les principes inventifs issus de l'analyse de plusieurs milliers de brevets. En faisant le parallèle avec TRIZ, nous modélisons les solutions par les types de modification issus de l'analyse de plus de 500 opportunités passées.

1.2.2 Apports

Ce modèle répond aux exigences fixées par la problématique de recherche, il permet la création d'un système :

- * adapté à la manipulation des opportunités de réduction des coûts,
- * capable d'identifier les opportunités passées applicables,
- * se basant sur une description succincte du contexte de recherche,
- * flexible et évolutif.

1.2.3 Limites

Dans l'approche TRIZ, les solutions sont modélisées par les principes inventifs. L'hypothèse selon laquelle chaque innovation peut être modélisée par un des principes inventifs est vérifiée par le fait qu'il est possible de caractériser chaque nouveau brevet par un des principes inventifs identifiés. Dans notre cas, nous modélisons la solution apportée par une opportunité de réduction des coûts par

les types de modifications. Nous avons montré qu'il était possible de classer 40 opportunités (proposées par quatre acteurs DtC) dans la typologie proposée. Cependant, notre classification ne sera totalement validée que lorsque toutes les opportunités proposées sur un projet auront pu être classées dans la typologie.

I.2.4 Perspectives

La principale perspective identifiée consiste à proposer un système pour guider la créativité par une analyse des opportunités créées dans le passé (exemple : peu d'opportunité de type « changement de matériaux » ont été proposées pour la structure du fuselage central, alors que beaucoup ont été proposées sur le fuselage avant qui ressemble au fuselage central en terme de structure). Le projet PROCOS (projet de recherche dans le cadre duquel notre étude est réalisée) sera d'ailleurs prolongé et une partie de celui-ci sera consacrée à la mise en place effective de la créativité ciblée.

II. Résultats industriels : synthèses, apports, limites et perspectives

II.1 Synthèse

Nos propositions pour les équipes DtC d'Airbus et Eurocopter sont de cinq natures :

- * une cartographie des dysfonctionnements liés à la maîtrise des coûts,
- * un processus de maîtrise des coûts intégrant la gestion des connaissances,
- * une typologie de modifications,
- * une liste d'inducteurs de coût,
- * un système permettant l'exploitation des opportunités passées.

Nous réalisons une cartographie des dysfonctionnements liés à la maîtrise des coûts en conception. Ces dysfonctionnements peuvent avoir trois origines distinctes : ils peuvent être liés au métier DtC et à son expertise, au contexte du projet qui rend difficile la maîtrise des coûts, aux interactions entre les acteurs. Nous proposons un processus de maîtrise des coûts en conception visant à résoudre certains dysfonctionnements identifiés dans la cartographie. Ce processus intègre la gestion des connaissances et a pour objectif d'améliorer les méthodes d'allocation des cibles, de créativité ainsi que les indicateurs de suivi.

A partir d'une analyse de 500 opportunités passées et des études réalisées pour proposer ces opportunités, nous définissons une typologie de modifications visant à classer et caractériser chaque opportunité.

Nous définissons également une liste d'inducteurs de coût sur lesquels il peut être intéressant de jouer dès la phase de faisabilité.

Ces deux propositions visent d'une part à classer et caractériser les contextes de réduction des coûts, d'autre part à faciliter l'exploitation des opportunités passées. Elles sont utilisées dans le modèle OSIRIS qui permet de construire un système pour exploiter les opportunités passées. Ce système, basé sur la technologie web sémantique a pour objectif d'identifier les opportunités passées applicables dans un problème de réduction de coûts donné.

II.2 Apports

II.2.1 Apports du projet commun de recherche mené simultanément chez Airbus et Eurocopter

Cette étude a été menée simultanément chez Airbus et Eurocopter. Le projet PROCOS a été lancé au moment où, dans les deux entreprises, le DtC était en phase de déploiement. Cela a permis aux deux équipes de mener leurs opérations en croisant les expériences et de consolider la vision de chacune au fur et à mesure. Cela a permis de mettre en place une plate-forme pour réaliser des échanges continus sur le processus et les méthodes. Un des apports de ce projet commun de recherche est que le programme A350 va rencontrer le programme EC175 pour échanger sur les méthodes et outils DtC utilisés sur les deux programmes. Ainsi la cartographie des dysfonctionnements réalisée dans les deux entreprises a permis de constater que les problèmes rencontrés dans les deux entreprises sont similaires.

II.2.2 Apports de nos propositions

Nos propositions permettent soit de renforcer la méthodologie, soit d'identifier où la méthodologie peut se renforcer. Ainsi, les propositions relatives au processus DtC ont permis d'affiner ce processus, de comparer les méthodes et outils utilisés chez Airbus et Eurocopter et de sensibiliser les équipes à l'importance d'élargir la conception à coûts objectifs vers une conception à objectifs désignés. En effet, des revues communes coûts/masse vont être menées chez Airbus. Les propositions relatives à la gestion des opportunités renforcent la valeur ajoutée de l'équipe dans les prestations apportées aux programmes, par rapport à la créativité et à la connaissance des inducteurs de coût (voir Tableau 39). Cela permet de renforcer l'offre des prestations DtC proposées aux programmes.

Apports	Méthode apportée
Solution permettant d'améliorer la créativité	le système facilite la proposition d'opportunités dans un contexte donné en réutilisant les opportunités passées.
Solution permettant une prise de recul	le système permet un travail transverse d'analyse pour identifier par techno/zone avion/phase projet ce qui fait gagner des coûts
Solution adaptée au contexte de travail des équipes DtC	le système est flexible, il n'est pas indispensable d'avoir des informations complètes pour en tirer des connaissances

Tableau 39 - Apports des propositions relatives à la gestion des opportunités de réduction des coûts

II.3 Limites

Nos propositions reposent sur l'utilisation des connaissances créées dans les projets passés. Elles se basent sur le postulat qu'il y aura suffisamment de connaissances à exploiter. Nous avons validé ce postulat pour les connaissances relatives aux opportunités de réduction des coûts dans le chapitre 11. Les connaissances passées exploitées pour la gestion des cibles et le suivi / pilotage sont les allocations de cibles et les courbes d'atteinte des cibles. Les expériences observées chez Airbus et Eurocopter montrent que l'allocation des cibles est une étape particulièrement délicate du DtC. Aujourd'hui, il existe peu de formalisation des connaissances relatives aux allocations des cibles. Une des limites aux propositions faites pour la gestion des cibles et le suivi / pilotage est que la constitution d'une base de connaissances permettant son exploitation risque d'être longue.

La donnée de coût est sensible, donc parfois confidentielle ; ainsi les connaissances relatives aux projets passés sont parfois confidentielles et certains acteurs n'acceptent de les communiquer qu'une fois le projet terminé. Ce type de restriction est très limitant pour nos propositions vu la durée importante d'un projet chez Airbus et Eurocopter. Cependant un benchmark réalisé dans le secteur automobile nous a permis de constater que cette donnée gagne en transparence avec l'intégration du coût dans l'entreprise.

II.4 Perspectives

II.4.1 Perspectives pour nos propositions

Nous avons expérimenté nos propositions sur le processus de gestion des opportunités de réduction des coûts. La prochaine étape consistera à expérimenter de la même façon les propositions faites pour le processus de gestion des cibles et pour le suivi / pilotage.

Bien qu'un prototype utilisable sur le terrain ait été développé durant cette étude, il existe de nombreuses perspectives d'amélioration pour le système basé sur OSIRIS. L'industrialisation d'OSIRIS est prévue pour 2008-2009 chez Airbus. En attendant, un nouveau projet de recherche sera lancé en janvier 2007 pour développer des fonctionnalités supplémentaires au système basé sur OSIRIS. Nous listons ci-dessous les thèmes qui devraient selon nous être approfondis puis mis en œuvre dans le système :

- * intégration au système d'un module permettant de guider la créativité,
- * développement d'un système vivant⁴⁹ et transparent⁵⁰ de gestion et de visualisation des règles d'inférence,

⁴⁹ Vivant dans le sens où un gestionnaire complet de règles serait accessible et permettrait d'éditer des règles et de filtrer celles qui ne semblent pas applicables à un problème de réduction des coûts donné.

⁵⁰ Transparent dans le sens où l'utilisateur doit avoir accès aux règles appliquées à une opportunité.

- * développement d'un système vivant⁵¹ de gestion des opportunités obsolètes (certaines opportunités proposées aujourd'hui ne seront plus valables dans 20 ans et ne devront pas être prises en compte par le système),
- * étude de la faisabilité d'un système de prévision de l'impact d'une opportunité (exemple : quand on applique les opportunités de type changement de matériaux en phase de conception au niveau du fuselage on peut gagner jusqu'à 20% de coûts récurrents).

II.4.2 Perspectives pour l'évolution du périmètre d'action des équipes DtC

Nous avons défini au début de ce rapport le périmètre d'action des équipes DtC. Ce périmètre limité mérite d'être élargi dans le futur. Les dimensions identifiées pour élargir ce périmètre sont :

- * les phases projet durant lesquelles le DtC est appliqué,
- * le domaine d'application des méthodes de maîtrise des coûts (en interne ou en externe),
- * les paramètres pris en compte dans la méthode.

Nous représentons sur la Figure 69 et sur la Figure 70 les perspectives d'évolution pour les équipes DtC chez Airbus et chez Eurocopter à court terme (2-3 ans) et à long terme (10 ans).

⁵¹ Vivant dans le sens où un gestionnaire complet serait accessible et permettrait de filtrer les opportunités qui ne semblent pas applicables à un problème de réduction des coûts donné.

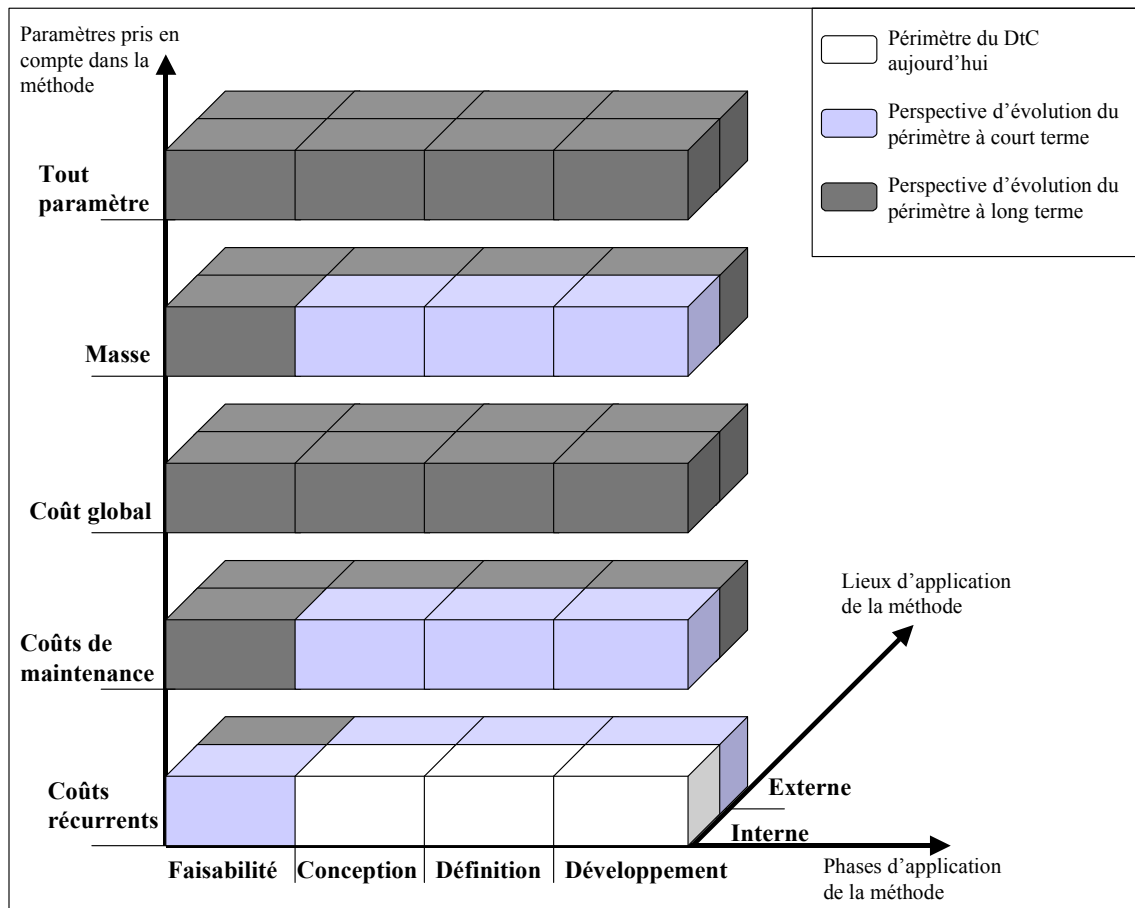


Figure 69 - Perspectives d'évolution pour l'équipe DtC Airbus

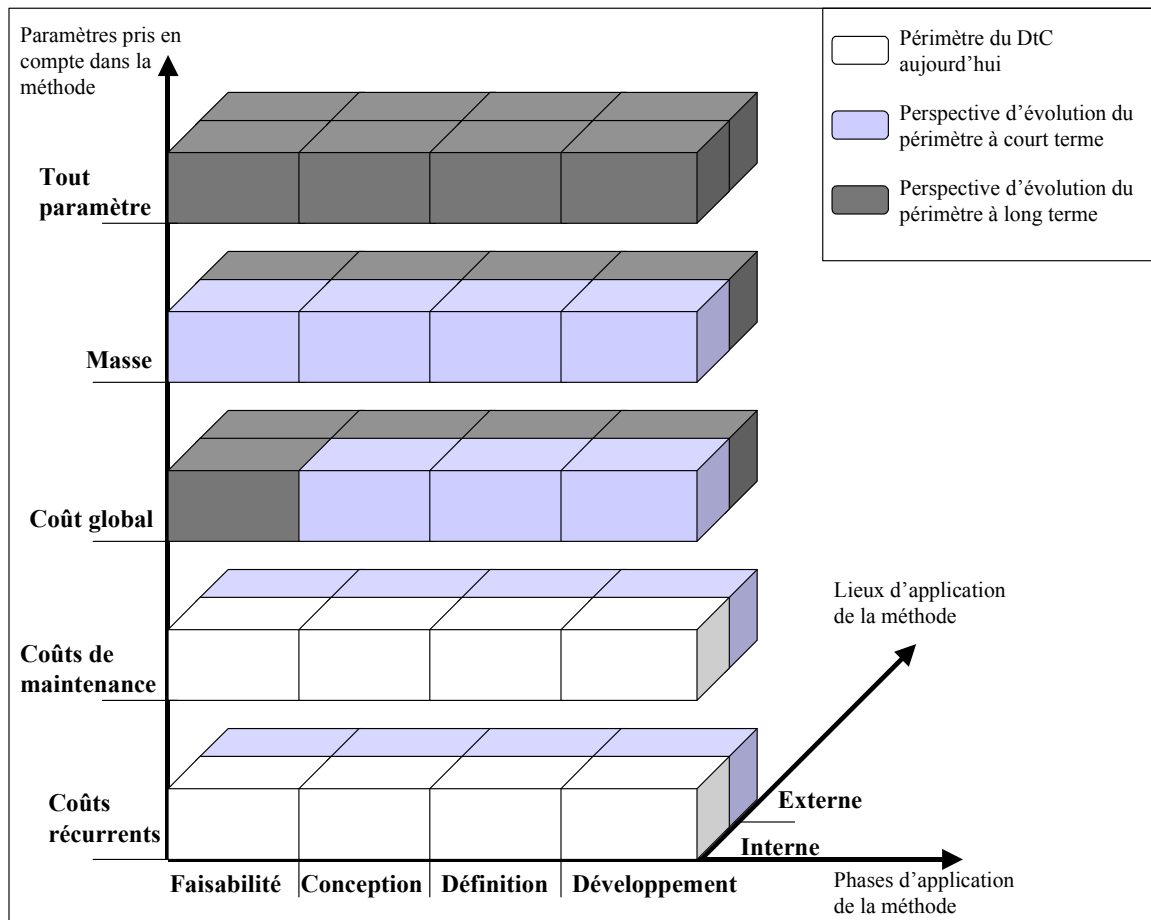


Figure 70 - Perspectives d'évolution pour l'équipe DtC Eurocopter

Aujourd'hui, chez Eurocopter le DtC est appliqué sur l'ensemble des phases du projet. Chez Airbus, il n'est pas appliqué durant la phase de faisabilité. Pourtant c'est en amont du projet que l'application du DtC est la plus fructueuse car c'est durant ces phases que la marge de manœuvre pour réduire les coûts est la plus importante. Une des perspectives d'évolution pour l'équipe DtC Airbus est donc de s'implanter dès les premières phases des projets de conception. Cette évolution est en cours, puisque l'équipe commence à s'intéresser à la notion de « concept to cost », qui correspond à l'application du Design to Cost dans les phases d'avant-projet.

Chez Airbus et Eurocopter l'application du DtC est uniquement réalisée en interne. Les achats représentent plus de 60% du coût récurrent d'un appareil. Pour influencer les coûts récurrents, il est donc indispensable d'élargir le périmètre d'intervention du DtC aux achats. Une cible (TMP : Target Must Price) est définie pour la partie achetée de l'avion mais aucun processus n'est prévu pour accompagner l'atteinte de cette cible. Or il apparaît que de nombreuses difficultés sont rencontrées et que les propositions faites par les fournisseurs sont parfois bien plus chères que les cibles. Conscients de l'importance de cette dimension, les deux entreprises commencent à s'intéresser au déploiement du

Design to Cost au niveau des achats. Des actions sont lancées chez Airbus et Eurocopter. Nous citons ci-dessous quelques exemples :

- * un plateau DtC a été lancé avec quelques fournisseurs pour un appareil en cours de développement. Les interventions DtC sur ce plateau sont menées par une personne de l'équipe DtC ;
- * une campagne de réduction des coûts achats a été lancée sur un appareil ;
- * l'outil DtC pourrait être adapté aux achats pour qu'il puisse être utilisé avec les fournisseurs.

La perspective la plus importante selon nous consiste à rassembler les méthodes de type Design for X. Lors de notre audit terrain, un acteur a déclaré : « *il existe une méthode différente pour gérer les masses, les risques, les performances, les délais et les coûts non récurrents. Et chaque méthode propose des méthodes et outils différents. Il est donc logique que lorsqu'on nous propose une méthode pour gérer les coûts récurrents, nous ayons du mal à l'intégrer à nos pratiques de travail* ». Cette affirmation explique clairement les perspectives d'évolution à adopter par Airbus et Eurocopter. Comme nous l'avons décrit sur la Figure 69 et la Figure 70, la gestion des paramètres doit être peu à peu regroupée pour aboutir à une méthode de conception à objectifs désignés. Chez Airbus l'outil DtC devrait être standardisé pour être utilisé par les équipes responsables de gérer la masse. De plus, des réunions visant à proposer des opportunités de réduction des coûts et des masses simultanément doivent être organisées.

II.5 Transférabilité des propositions aux domaines autres que l'aéronautique

Nos propositions sont destinées aux entreprises du secteur aéronautique. Nous tentons dans ce paragraphe d'élargir l'applicabilité de nos propositions aux secteurs sur lesquels elles peuvent être intéressantes. Pour identifier les secteurs auxquels nos propositions sont transférables, nous étudions la littérature sur l'applicabilité des méthodes de maîtrise des coûts.

Nos propositions se basent sur l'intégration de la gestion des connaissances pour améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception. Les facteurs concernés par nos propositions sont ceux qui influencent :

- * la quantité de connaissances créées dans l'entreprise,
- * la réutilisabilité des connaissances passées,
- * la circulation des connaissances dans l'entreprises.

Ainsi nous estimons que nos propositions sont d'autant plus adaptées à une entreprise, que celle-ci possède les caractéristiques citées ci-dessous :

- * type du produit : complexe (plus le produit est complexe, plus le nombre de connaissances créées sur un projet est grand),

- * durée du projet de conception : longue (plus le projet de conception est long, plus les connaissances proposées durant le projet sont importantes),
- * fréquence de mise sur le marché d'un nouveau produit : grande (plus il y a de produits, plus le montant de connaissances créées donc réutilisables est important),
- * degré d'innovation des produits (d'un produit de la gamme au suivant) : faible (moins le degré d'innovation est important, plus les connaissances passées sont réutilisables),
- * cloisonnement entre les différents domaines ou parties d'un produit (moins les participants à un projet communiquent entre eux, plus la circulation des connaissances dans l'entreprise est bénéfique),
- * sensibilité du marché aux coûts de production : grande (plus le marché est sensible aux coûts de production, plus l'entreprise cherchera à optimiser la proposition d'opportunités de réduction des coûts).

Le secteur le plus avancé en terme de Design to Cost est sans doute le secteur automobile, précurseur dans ce domaine. Nous avons eu l'occasion de rencontrer une équipe responsable de la maîtrise des coûts dans la conception d'automobiles. Celle-ci nous a montré son intérêt pour le système basé sur OSIRIS, car ils possèdent une base d'opportunités de réduction des coûts très fournie. Nos propositions s'appliquent également à d'autres secteurs comme la téléphonie, le secteur pharmaceutique ou cosmétique.

Nous pouvons également nous interroger sur l'applicabilité de nos propositions à des secteurs autres que la production. Prenons l'exemple des services. Si une organisation s'avère avantageuse pour une prestation de service donnée, cette économie de coûts est-elle transférable à d'autres services ? Par exemple, l'organisation qui a consisté à faire payer plus cher une ressource quand elle est plus demandée (ou quand elle est réservée au dernier moment) a été transférée depuis la réservation de lieux de vacances aux transports aériens puis ferroviaires. Aujourd'hui, ce principe est également appliqué aux grands magasins qui font des réductions sur certains achats de Noël faits en novembre.

Nous en concluons que sous réserve d'adapter le modèle OSIRIS, nos propositions pourraient être intéressantes pour des secteurs de l'industrie comme l'automobile. Il serait également envisageable de les transférer à des secteurs très différents ne concernant pas uniquement la production.

Annexes

Glossaire

- * AV : Analyse de la Valeur
- * CAIV : Cost As an Independent Variable
- * CCO : Conception pour un Coût Objectif
- * CCR : Centre Commun de Recherche
- * COD : Conception à Objectif Désigné
- * DOC : Direct Operating Cost
- * DoD : Department of Defense
- * DtC : Design to Cost
- * DtLCC : Design to Life Cycle Cost
- * IDA : Institute for Defense Analysis
- * IPT: Integrated Product Team
- * K: Connaissances
- * MCE : Moyen utilisé pour Capitaliser les Connaissances
- * MCO: Maintien en Conditions Opérationnelles
- * MF : Modèle de Formalisation
- * M&O : Méthodes et Outils
- * TC : Target Costing
- * UC : Outil d'Utilisation des Connaissances

Exemple de fiche descriptive des méthodes et outils utilisés chez Airbus et Eurocopter

Nous donnons ici un exemple de fiche réalisée lors de l'audit terrain mené chez Airbus et Eurocopter au début de notre recherche.

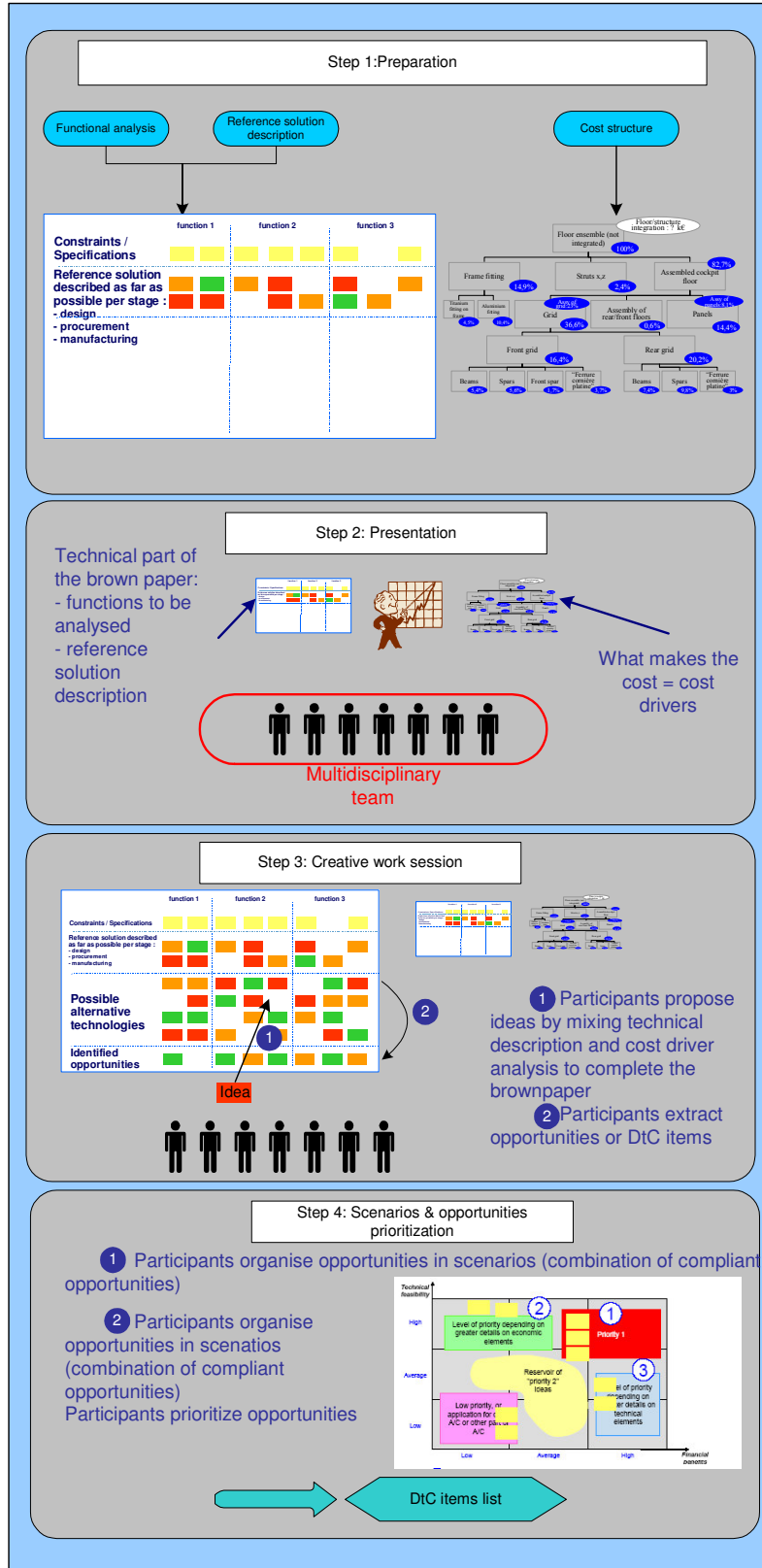
Pour chaque fiche outil, des indicateurs donnent des indications sur l'utilisation de l'outil (« use of the tool »), la formalisation de l'outil dans les procédures d'application du DtC (« formalisation »), les utilisations dans le futur (« possible use or evolutions in the future ») et la pertinence de l'outil (« relevance »).

Tool indicators	
Use of the tool	1 Utilisé sur 1 projet
	2 Utilisé sur plusieurs projets
	3 Utilisé systématiquement
Formalisation	1 Aucune
	2 En progrès
	3 Formalisé
Possible use or evolutions in the future	1 Non prévue
	2 Envisagée
	3 Planifiée
Relevance	1 Non adaptée aux besoins DtC
	2 Adapté pour accompagner le déploiement du DtC
	3 Adapté pour accompagner le déploiement du DtC et aux acteurs projet

Tableau 40 - Indicateurs utilisés pour caractériser les outils DtC

Brownpaper		Airbus												
– Dtc items research method		Post-it and brownpaper method												
Created in: January 2003 By: Dtc team		Used by: Dtc Team												
<p><u>Main steps of the method :</u></p> <p>1- Off-line preparation (functional analysis/ functional requirements / reference solution / cost structure)</p> <p>2- Presentation of the reference solution to the participants (Based on pictures/ digital Mockups ...)</p> <p>3- Presentation and refining of the Brown paper (Post-it already stuck on the paper Kraft)</p> <p>4- Cost structure presentation</p> <p>5- Ideas generation through cost divers analysis</p> <p>6- Ideas generation by analysis of the 'gaps' in the brown paper</p> <p>7- opportunities prioritization</p>		<table border="1"> <caption>Bar Chart Data</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Use of the tool</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Formalization</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>Possible evolutions in the future</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Relevance</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>			Category	Score	Use of the tool	1.0	Formalization	3.0	Possible evolutions in the future	1.0	Relevance	2.0
Category	Score													
Use of the tool	1.0													
Formalization	3.0													
Possible evolutions in the future	1.0													
Relevance	2.0													
<p><u>Context:</u></p> <p>The aim of the methodology is to optimise a system by focusing on cost consuming areas to get alternative solutions through exhaustive cost driver analysis.</p> <p>This methodology is realised during several (4) meetings, input are a functional analysis, technical requirements and cost structure. Meetings are multidisciplinary as people with various skills participate to it.</p>														
<p><u>Responsibilities:</u></p> <p>Dtc team: pilot the meetings.</p> <p>Technical responsible: describes the reference solution</p> <p>Costing actor: provides with cost structure and assess the cost of opportunities</p>														
<u>Tool assessment :</u>														
Concerne d actors	Identified advantages	Identified drawbacks	Evolution wanted in short term (in 3 years)	Evolution wanted in long term (in 10 years)										
Dtc team	<ul style="list-style-type: none"> – Driven brainstorming – Provides with a shared view of the of the studied field 	<ul style="list-style-type: none"> – Heavy to implement – Results depend on the motivation of participants 	<ul style="list-style-type: none"> – Direct link with Cost & Weight and DI&RLM – Make systematic the use of this kind of tool (if the issue is important enough) 	<ul style="list-style-type: none"> – Link with tools to make cost and weight estimation during meetings 										
<p><u>Possible evolutions :</u></p> <p>The feedback concerning the Brownpaper concept is limited to the experience of the pilot session and has shown the necessity to consolidate, refine and improve the 'Brown paper' concept. Therefore, the method has been replayed by the Dtc team in 2004, and each step has been précised.</p>														
This method ...	Stage	Context of use												
<ul style="list-style-type: none"> • Is used 	During the definition stage	Used on the A400M project New aircraft Design to Cost												
<ul style="list-style-type: none"> • Could be used 	From the beginning of Dtc operations													

Method description:



Captures d'écran du deuxième prototype d'OSIRIS

Nous présentons ci-dessous les captures d'écran de la version finale du prototype basé sur OSIRIS. Elles sont issues du document rédigé par Billon [BILLON L., 2006].

Interface de requête :

The screenshot displays the Kinoa query interface. At the top left, the EADS logo and 'Kinoa' text are visible. A 'Feed-back' link is located at the top right. Below the header, there are navigation tabs: 'Query', 'Localisation', 'Modification', 'Graphic', 'Performance', and 'List'. The 'Query' tab is active, showing a 'Request' section with an 'Inputs' field. On the left side, there are three main sections: 'Smart Search' with a 'Rule' button; 'Search the ontology' with 'Search terms' and 'Use the directory' options; and 'Browse...' with links to 'Concept tree', 'Concept table', 'Relation tree', 'Relation table', 'Terminology', and 'Advanced Search'. At the bottom left, there are 'Help', 'Reload', and 'Admin Jse' links. The main query area is divided into three sections: 'Solution', 'Problem', and 'View'. The 'Solution' section includes a 'Containing' field with 'fittings', 'Modification Types' with a dropdown menu set to 'Change the technology', and 'Modification Phase' with a horizontal bar chart showing stages: Design Phase, Manufacturing, Product Policy, Procedures / Protocols, Procurement, and Logistic. Below this is a 'Last Step Validated' progress indicator with buttons 0, 1, 2, 3, 4, and 5, where 4 and 5 are highlighted. The 'Problem' section has 'Name of Part' (test), 'Aircraft Localisation' (Cockpit), and 'Cost Driver' (any) dropdowns. The 'View' section has a 'Skills' dropdown set to 'Structure'. At the bottom right of the query area are 'Search' and 'Rule' buttons.

Figure 71 - Interface de requête finale

Vue par localisation :

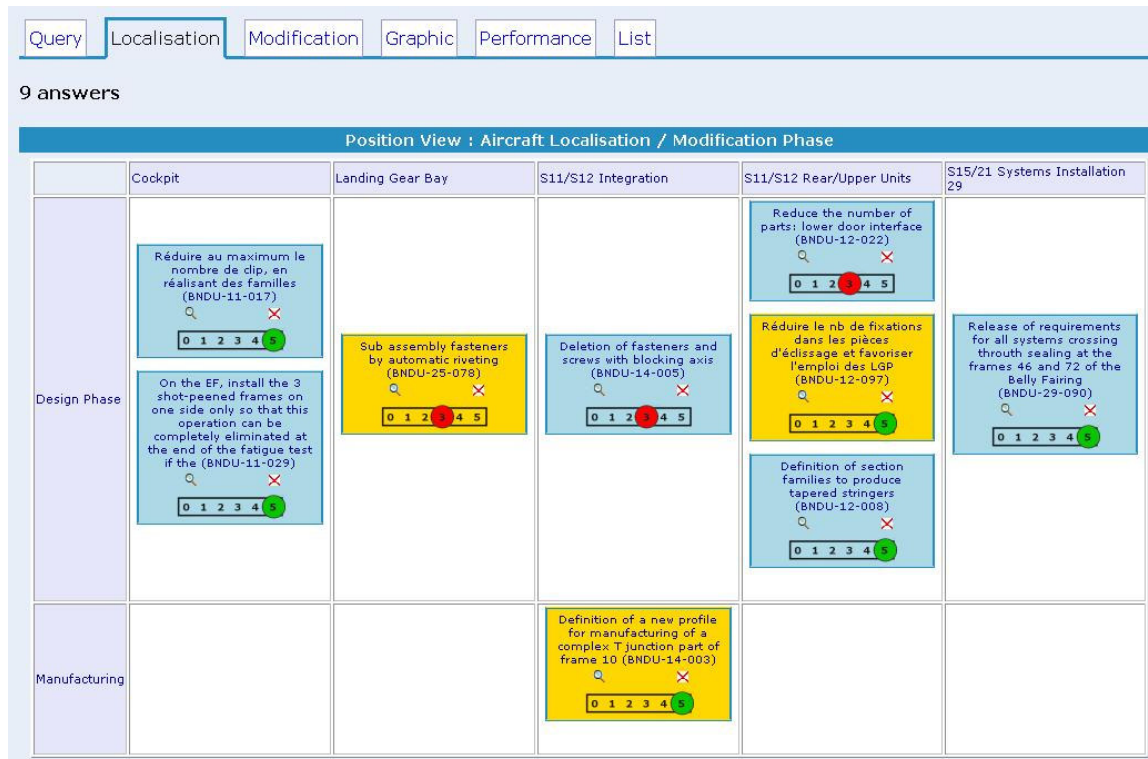


Figure 72 - Vue par localisation

Dans cette interface (comme pour les suivantes) les opportunités jugées intéressantes par l'utilisateur apparaissent en jaune. Une vue rapide des opportunités est donnée dans chaque cadre :

- * La description de l'opportunité
- * La référence de l'opportunité
- * Le niveau de validation de l'opportunité : un « rond » rouge signifie que l'opportunité n'a pas été rejetée. Un « rond » gris signifie que l'opportunité est en attente de validation. Un « rond » vert représente les opportunités qui ont été validées pour mise en place sur le programme.

Vue par modification :

Query	Localisation	Modification	Graphic	Performance	List
9 answers					
Modification View : Aircraft Localisation / Modification Type					
	Cockpit	Landing Gear Bay	S11/S12 Integration	S11/S12 Rear/Upper Units	S15/21 Systems Installation 29
Change / Optimize	<p>On the EF, install the 3 shot-peened frames on one side only so that this operation can be completely eliminated at the end of the fatigue test if the (BNDU-11-029)</p> <p>Q X</p> <p>0 1 2 3 4 5</p>				
Change the technology		<p>Sub assembly fasteners by automatic riveting (BNDU-25-078)</p> <p>Q X</p> <p>0 1 2 3 4 5</p>	<p>Definition of a new profile for manufacturing of a complex T junction part of frame 10 (BNDU-14-003)</p> <p>Q X</p> <p>0 1 2 3 4 5</p>	<p>Réduire le nb de fixations dans les pièces d'édissage et favoriser l'emploi des LGP (BNDU-12-097)</p> <p>Q X</p> <p>0 1 2 3 4 5</p>	
Cut out			<p>Deletion of fasteners and screws with blocking axis (BNDU-14-005)</p> <p>Q X</p> <p>0 1 2 3 4 5</p>		
Harmonize / Standardize / Simplify				<p>Definition of section families to produce tapered stringers (BNDU-12-008)</p> <p>Q X</p> <p>0 1 2 3 4 5</p>	

Figure 73 - Vue par modification

Vue graphique :

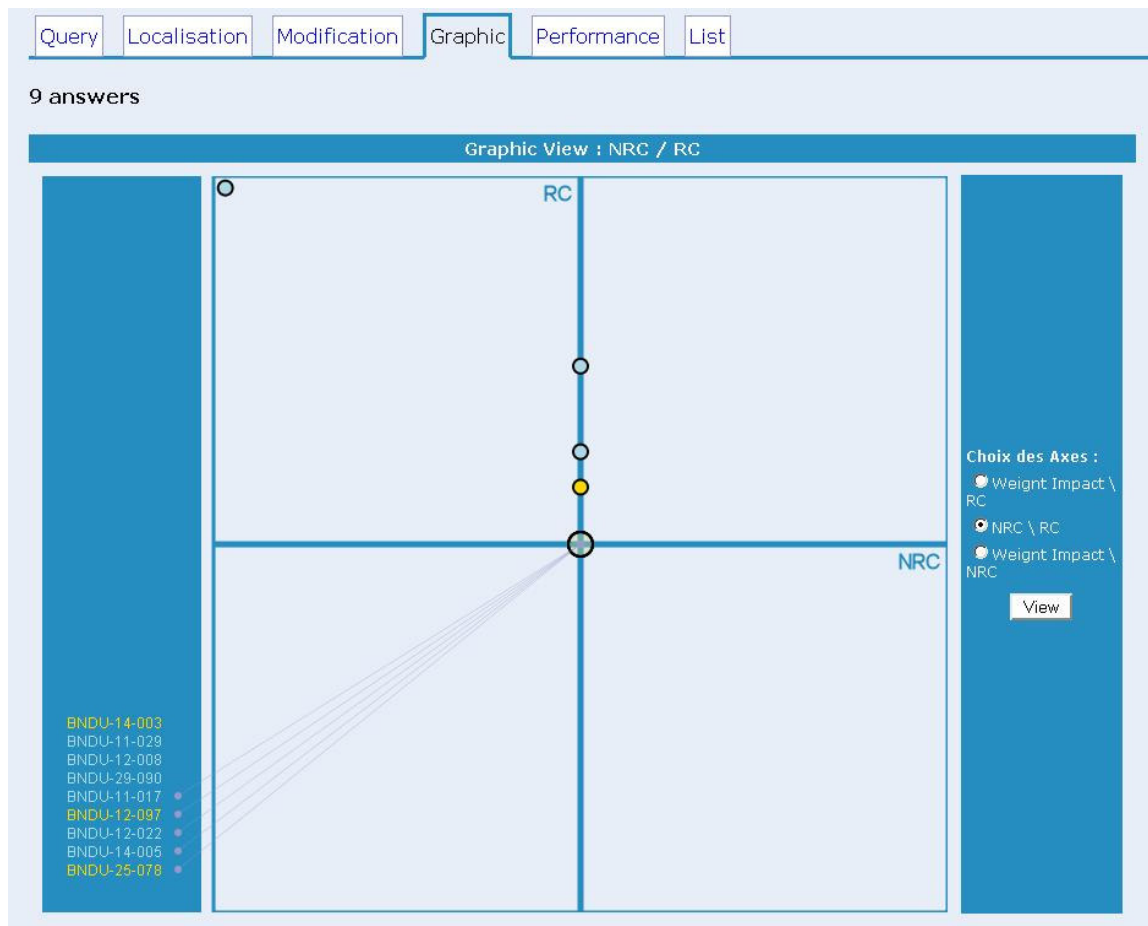


Figure 74 - Vue graphique

Ici le choix des axes de représentation est laissé libre à l'utilisateur. Les axes possibles sont :

- * Impacts Masse \ RC : c'est cette vue qui intéressera le plus les acteurs DtC.
- * NRC \ RC
- * Impacts Masse \ NRC

Vue par performance :

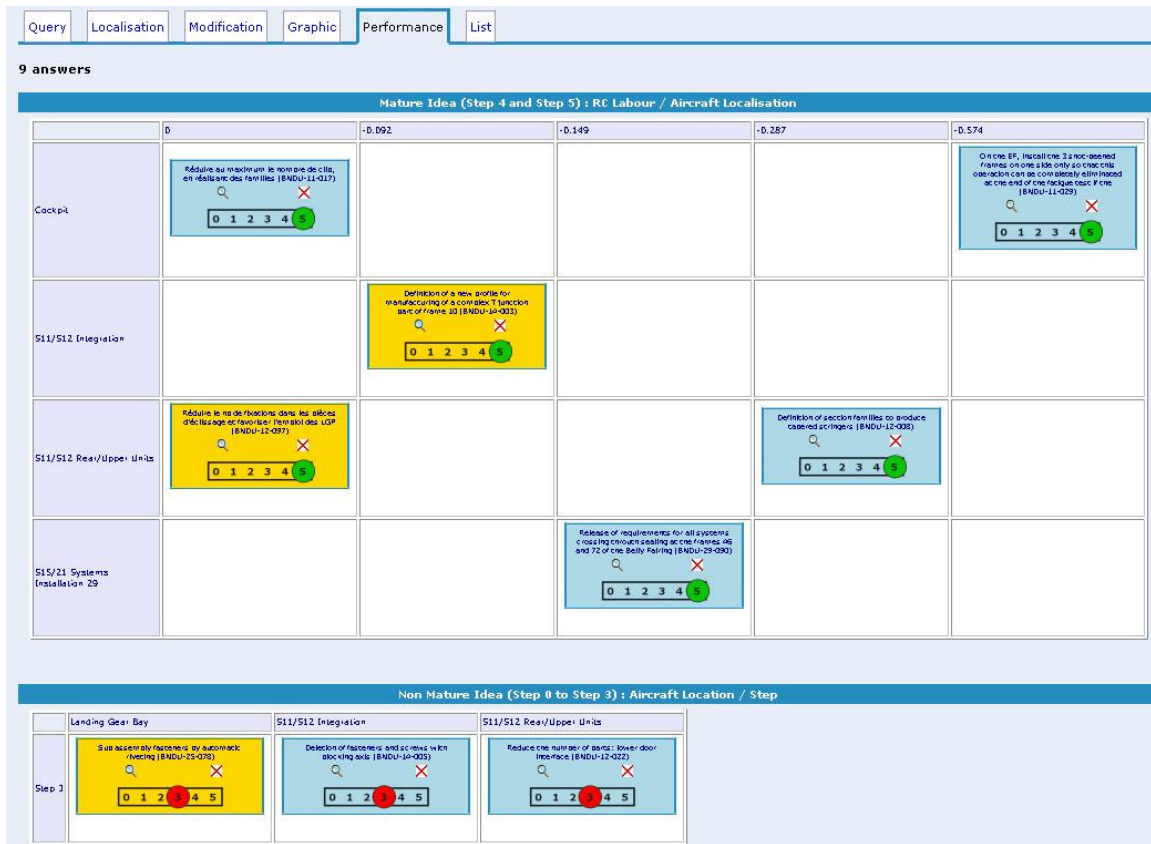


Figure 75 - Vue par performance

Vue par liste :

Query
Localisation
Modification
Graphic
Performance
List

9 answers

List of Ideas

Zoom	Reference	RC	WI	NRC	Step
🔍	BNDU-25-078	0	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-14-005	0	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-12-022	0	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-12-097	0	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-11-017	0	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-29-090	-0.149	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-12-008	-0.287000000000000003	0	0	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-11-029	-0.574000000000000001	0	-7.124	0 1 2 3 4 5
🔍	BNDU-14-003	-0.092	0	0	0 1 2 3 4 5

Figure 76 - Vue par liste des opportunités

Publications personnelles

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2004] ANGÉNIOL S., GARDONI M., YANNOU B. et CHAMEROIS R.
Vers une intégration du Design to Cost pour une optimisation de la conception - Cas
d'étude : analyse des besoins métiers chez Eurocopter. 2ème colloque du groupe de travail
C2EI, Nancy (France), 2004.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2005] ANGÉNIOL S., GARDONI M., YANNOU B. et CHAMEROIS R.
Analyse des besoins induits par la mise en place du Design to Cost chez Eurocopter. *Revue
Française de Gestion Industrielle*, Vol. Vol. 24, N° 1: pp. 93-104

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2005] ANGÉNIOL S., YANNOU B., GARDONI M. et CHAMEROIS R.
Vers une amélioration du rôle des équipes support Design to Cost dans l'aéronautique.
6ème Congrès International de Génie Industriel, Besançon (France), 2005.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2005] ANGÉNIOL S., GARDONI M., YANNOU B. et CHAMEROIS R.
Industrial need to improve cost integration in multi-criteria decision during design - Case
study at Airbus and Eurocopter. International Conference on Engineering Design, ICED
05, Melbourne, 2005.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2005] ANGÉNIOL S., YANNOU B., GARDONI M. et CHAMEROIS R.
Gestion des idées de gains en coût et masse sur un projet aéronautique. Confere 2005,
ENSAM - Paris (France), 2005.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2005] ANGÉNIOL S., YANNOU B., GARDONI M. et CHAMEROIS R.
Pilotage de la conception par les coûts dans le cadre de l'aéronautique civile, in *Ingénierie de la conception et cycle de vie des produits*, Hermès Science Publication, Paris (France), 2005.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2006] ANGÉNIOL S., LONGUEVILLE B., CHAMEROIS R., YANNOU B.
et GARDONI M. OSIRIS: A tool to support reuse of cost saving ideas. International Design Conference - DESIGN 2006, Dubrovnik - Croatia, 2006.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2006] ANGÉNIOL S., LONGUEVILLE B., YANNOU B., CHAMEROIS R.
et GARDONI M. Supporting saving ideas reuse with an ontology based tool. Proceedings of IDETC/CIE 2006 - ASME 2006 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2006.

- * [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2006] ANGÉNIOL S., YANNOU B., GARDONI M. et CHAMEROIS R.
Chapitre 11: Vers une amélioration du rôle des équipes support Design to Cost dans l'aéronautique., in *Evaluation et décision dans le processus de conception*. B. Yannou and E. Bonjour, Traité IC2, série Productique, Hermes Sciences, Paris, 2006.

Table des figures

Figure 1 - Activités liées aux méthodes de maîtrise des coûts	3
Figure 2 - Phasage de notre recherche	6
Figure 3 - Plan de la thèse	8
Figure 4 - La dynamique de l'activité projet [MIDLER C., 1993].....	18
Figure 5 – Courbe de dépenses avérées et engagées des coûts [RUSH C. <i>et al.</i> , 2000]	19
Figure 6 - Phasages projet: Airbus, Eurocopter et phasage de référence que nous adoptons.....	33
Figure 7 - Types d'activités DtC	43
Figure 8 - Opérations DtC menées chez Airbus et Eurocopter	44
Figure 9 - Formulation de la problématique de notre recherche	52
Figure 10 - Modification du produit existant [SWENSON D. <i>et al.</i> , 2003]	62
Figure 11 - Questionnaire utilisé chez Caterpillar pour le déploiement des cibles [SWENSON D. <i>et al.</i> , 2003]	63
Figure 12 – Synthèse d'un processus de gestion des cibles d'après la littérature	65
Figure 13 - Matrice de risque [KAYE M. A. <i>et al.</i> , 2000].....	70
Figure 14 - Espace d'échange coût-performance	71
Figure 15 – Synthèse d'un processus de gestion des opportunités de réduction des coûts d'après la littérature	72
Figure 16 - Exemple de schéma de suivi [MCKINSEY OPERATIONS EFFECTIVENESS GROUP, 2000]	74
Figure 17 - Suivi et pilotage.....	76
Figure 18 – Représentation des méthodes et outils liés au pilotage par les coûts	76
Figure 19 – Synthèse des pratiques managériales associées au pilotage par les coûts.....	77
Figure 20 - Objectifs d'une stratégie d'intégration d'une nouvelle méthode en conception [PERRIN-BRUNEAU F., 2005]	82
Figure 21 - Gestion des cibles.....	91
Figure 22 - Expériences en gestion des cibles.....	94
Figure 23 - Problématiques liées à la gestion des cibles	95
Figure 24 - Problèmes liés à la gestion des cibles.....	95
Figure 25 - Gestion des opportunités de réduction des coûts	98
Figure 26 - Etapes de maturation d'une opportunité.....	100
Figure 27 - Expériences en gestion des opportunités	102
Figure 28 - Dysfonctionnements liés à la gestion des opportunités	104
Figure 29 - Problèmes liés à la gestion des opportunités	105
Figure 30 - Suivi et pilotage.....	107
Figure 31 - Exemples de schémas de suivi	108
Figure 32 - Indicateurs utilisés sur les projets (In2)	108
Figure 33 - Expérience en suivi et pilotage.....	110
Figure 34 - Dysfonctionnements liés au suivi et au pilotage.....	111
Figure 35 - Problèmes liés au suivi et au pilotage.....	111
Figure 36 - Démarche proposée pour améliorer la maîtrise et l'intégration des coûts en conception	118
Figure 37 - Processus de création de connaissances hors-projet	121
Figure 38 - Processus d'application et mise à jour des connaissances hors-projet	121
Figure 39 - Processus de capitalisation des nouvelles connaissances projets	122

Figure 40 - Processus d'utilisation des connaissances projets passées	123
Figure 41 - Capitalisation et utilisation de nouvelles connaissances DtC projets	126
Figure 42 - Proposition d'un processus de gestion des cibles intégrant la gestion des connaissances	127
Figure 43 - Proposition d'un processus de gestion des opportunités de réduction des coûts intégrant la gestion des connaissances	129
Figure 44 - Proposition d'un processus de suivi et pilotage intégrant la gestion des connaissances	130
Figure 45 - Evolution des caractéristiques des opportunités avec l'avancement du projet	135
Figure 46 - Cycle en V d'un avion [LABORIE F., 2006]	137
Figure 47 - Etapes de maturation d'une opportunité	149
Figure 48 - Démarche déployée par TRIZ (issu de [ALTSHULLER G., 1979])	155
Figure 49 - Parallèle entre notre approche et l'approche TRIZ	158
Figure 50 - Synthèse du modèle OSIRIS proposé	160
Figure 51 - Processus de création d'opportunités	161
Figure 52 - Modèle OSIRIS du problème	161
Figure 53 - Modèle OSIRIS de la solution	162
Figure 54 - Démarche de mise en œuvre de nos propositions	166
Figure 55 - Approche intégrée de définition de modèle et outil DtC (adapté de [LARDEUR et al. 2004])	168
Figure 56 - Identification des attributs supplémentaires liés à OSIRIS dans la formalisation des opportunités ..	169
Figure 57 - Extrait de la typologie proposée dans la version 1 de l'outil DtC Airbus	171
Figure 58 - Liste d'inducteurs de coût utilisée dans la version 1 de l'outil	172
Figure 59 - Ontologie utilisée dans le deuxième prototype basé sur OSIRIS [BILLON L., 2006]	178
Figure 60 - Architecture du prototype basé sur le modèle Osiris	179
Figure 61 - Illustration d'une requête réalisée à travers le prototype	181
Figure 62 - Réponse du système après application des règles, vue performance	182
Figure 63 - Place de l'expérimentation dans notre démarche	183
Figure 64 - Validation et intégration de nos propositions au sein de notre démarche de recherche	186
Figure 65 - Résultats de la validation fonctionnelle de la typologie de modifications	190
Figure 66 - Résultats de la validation fonctionnelle de la liste d'inducteurs de coût	191
Figure 67 - Résultats des tests réalisés avec l'outil Airbus et avec le prototype basé sur OSIRIS	194
Figure 68 - Résultats des tests réalisés avec et sans règles d'inférence	195
Figure 69 - Perspectives d'évolution pour l'équipe DtC Airbus	205
Figure 70 - Perspectives d'évolution pour l'équipe DtC Eurocopter	206
Figure 71 - Interface de requête finale	217
Figure 72 - Vue par localisation	218
Figure 73 - Vue par modification	219
Figure 74 - Vue graphique	220
Figure 75 - Vue par performance	221
Figure 76 - Vue par liste des opportunités	222

Liste des tableaux

Tableau 1 - Coût global sur le cycle de vie [ASSIEDU Y. <i>et al.</i> , 1998]	16
Tableau 2 - Méthodes de maîtrise des coûts en conception : Synthèse	25
Tableau 3 - Quelques chiffres relatifs à Airbus et Eurocopter	29
Tableau 4 - Tableau comparatif du développement avions et hélicoptères (à partir de [GAUTIER F., 2002; GIFAS, 2003; RIVIERE A., 2004; DAUGEY A. <i>et al.</i> , 2005; GUICHEBARON S. <i>et al.</i> , 2005; LABORIE F., 2006]).....	30
Tableau 5 - Phasage des projets chez Airbus et Eurocopter (adapté de [RIVIERE A., 2004] et [GAUTIER F., 2002])	32
Tableau 6 - <i>Convergence et divergence des équipes DtC</i>	41
Tableau 7 – Dimensions pour favoriser l'intégration d'un nouveau domaine en conception.....	49
Tableau 8 - Comparaison des pratiques de Toyota et d'une entreprise Z (issu de [LORINO P., 2003], p. 310).....	58
Tableau 9 - Types de cibles de coût	60
Tableau 10 - Matrice du target costing [LORINO P., 1994].....	64
Tableau 11: Typologie de risques	70
Tableau 12 - Méthode d'intégration de la dimension environnementale en conception (basé sur [MILLET D., 2003]).....	83
Tableau 13 – Dimension pour favoriser l'intégration d'un nouveau domaine en conception	84
Tableau 14 - Cartographie des problèmes liés à la maîtrise des coûts sur les projets	113
Tableau 15 - Connaissances projets et hors-projet pour le processus DtC.....	123
Tableau 16 - Connaissances utilisées pour régler les dysfonctionnements liés au métier DtC	131
Tableau 17 - Synthèse du processus proposé	132
Tableau 18 - Exemples d'opportunités de réduction des coûts	134
Tableau 19 - Rôle des acteurs DtC selon l'origine d'une opportunité.....	135
Tableau 20 - Liste des inducteurs de coût récurrent liés à la définition d'un sous-ensemble	138
Tableau 21 - Liste des inducteurs de coût liés à l'industrialisation d'un sous-ensemble	139
Tableau 22 - Liste d'inducteurs de coût récurrent liés aux achats	139
Tableau 23 - Opportunités étudiées pour créer la typologie de modifications	140
Tableau 24 - Typologie de modifications liées à la définition	142
Tableau 25 - Matrice de modification liée à la définition d'un sous-ensemble	144
Tableau 26 - Modes d'exploitation des opportunités passées	149
Tableau 27 - Réponses des techniques existantes à nos besoins	156
Tableau 28 - Types de règles [BILLON L., 2006]	159
Tableau 29 – Date de livraison des différentes versions de l'outil DtC Airbus	167
Tableau 30 - Alternatives et évaluations associées pour remplir un attribut.....	170
Tableau 31 – Evaluation des alternatives pour l'attribut « sous-ensemble étudié ».....	171
Tableau 32 – Evaluation des alternatives pour l'attribut « domaine d'expertise ».....	172
Tableau 33 – Evaluation des alternatives pour l'attribut « contributeur de coût ».....	173
Tableau 34 - Solutions retenues pour l'intégration d'OSIRIS dans l'outil DtC Airbus	174
Tableau 35 - Avantages et inconvénients des applications web sémantiques et des applications utilisant des bases de données.....	176
Tableau 36 - Synthèse du protocole de validation de nos propositions.....	187
Tableau 37 - Synthèse sur la validation de la typologie de modifications et de la liste d'inducteurs de coût.....	189

Tableau 38 - Synthèse sur la validation des propositions relatives à la gestion des opportunités.....	193
Tableau 39 - Apports des propositions relatives à la gestion des opportunités de réduction des coûts.....	202
Tableau 40 - Indicateurs utilisés pour caractériser les outils DiC	213

Bibliographie

- [AFITEP-AFNOR, 1992] AFITEP-AFNOR. Dictionnaire de management de projet. AFNOR, Paris, 1992.
- [AFNOR, 1997] AFNOR Management par la valeur - Coût global. *NF X 50-155*, décembre 1997.
- [ALTSHULLER G., 1979] ALTSHULLER G. Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems. English translation by A. Williams (1984), Gordon and Breach Science Publishers, USA, 1979.
- [ANGENIOL S. *et al.*, 2005] ANGENIOL S., GARDONI M., YANNOU B. et CHAMEROIS R. Analyse des besoins induits par la mise en place du Design to Cost chez Eurocopter. *Revue Française de Gestion Industrielle*, Vol. 24, N° 1): pp. 93-104
- [ANGENIOL S. *et al.*, 2006] ANGENIOL S., LONGUEVILLE B., CHAMEROIS R., YANNOU B. et GARDONI M. OSIRIS: A tool to support reuse of cost saving ideas. International Design Conference - DESIGN 2006, Dubrovnik - Croatia, 2006.
- [ANGÉNIOL S. *et al.*, 2006] ANGÉNIOL S., LONGUEVILLE B., YANNOU B., CHAMEROIS R. et GARDONI M. Supporting saving ideas reuse with an ontology based tool. Proceedings of IDETC/CIE 2006 - ASME 2006 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2006.
- [ANGENIOL S. *et al.*, 2005] ANGENIOL S., YANNOU B., GARDONI M. et CHAMEROIS R. Vers une amélioration du rôle des équipes support Design to Cost dans l'aéronautique. 6ème Congrès International de Génie Industriel, Besançon (France), 2005.
- [AOUSSAT A. *et al.*, 2000] AOUSSAT A., CHRISTOFOL H. et LE COQ M. The new product design - a transverse approach. *Engineering Design*, Vol.11(4): 399-417
- [AOUSSAT A. *et al.*, 1998] AOUSSAT A. et LE COQ M. Chapitre 2: Méthodes globales de conception de produits, in *Conception de produits mécaniques: méthodes, modèles et outils*. TOLLENAERE M., Hermes, p.53-75, 1998.
- [AOUSSAT A. *et al.*, 1998] AOUSSAT A. et LE COQ M. Chapitre 8: DFA, Contraintes d'assemblage, in *Conception de produits mécaniques: méthodes, modèles et outils*. TOLLENAERE M., Hermes, p.185-200, 1998.
- [APGAR H., 2002] APGAR H. Cost As an Independent Variable (CAIV) - From the Contractor's Perspective. European Aerospace Working Group on Cost Engineering (EACE), Noordwijk, 2002.
- [ARGYRIS C. *et al.*, 1978] ARGYRIS C. et SCHÖN D. Organizational Learning : a theory of action perspective. *Adison Wesley, Reading, Mass*)

- [ASSIEDU Y. *et al.*, 1998] ASSIEDU Y. et GU P. Product life cycle cost analysis : State of the art review. *International journal of production research*, Vol.36(N° 4): pp 883-908
- [ATKEARNEY, 2003] ATKEARNEY. Restructuring the Global Aerospace Industry - The shifting Roles of suppliers
- [AVRAMENKO Y. *et al.*, 2005] AVRAMENKO Y. et KRASLAWSKI A. Similarity concept for case-based design in process engineering. *Computers and chemical engineering*, Vol.30(3): 548-557, 15 January 2006.
- [BALL L. J. *et al.*, 2001] BALL L. J., LAMBELL N. J., ORMEROD T. C., SLAVIN S. et MARIANI J. A. Representing design rationale to support innovative design reuse: a minimalist approach. *Automation in Construction*, Vol.10(6): 663-674, August 2001.
- [BARRAULT D., 2000] BARRAULT D. La méthode CAIV (Cost As an Independent Variable). Pilotage concerté de la Conception à Objectifs Désignés et de la Conception à Coût Objectif (COD/CC, EDF R&D, Chatou, France, 2000.
- [BECUE M. *et al.*, 2005] BECUE M., CANCEL S., DUPUY Y., FRIGANT V., GILLY J.-P., KECHIDI M. et TALBOT D.- Gres-Ifrede-Lereps. EADS et les stratégies territoriales dans le Sud-Ouest de la France. Rapport National, Avril 2005.
- [BELLUT S., 1990] BELLUT S. La compétitivité par la maîtrise des coûts: Conception à coût objectif et analyse de la valeur. AFNOR Gestion, Paris, 1990.
- [BELLUT S., 2002] BELLUT S. Maîtriser les coûts d'un projet - Le management par la valeur. AFNOR Gestion, Paris, 2002.
- [BEN AHMED W. *et al.*, 2003] BEN AHMED W. et YANNOU B. Polysemy of Values or Conflict of Interests: A Multi-Disciplinary Analysis. *International Journal of Value-Based Management*, Vol.16(2): p. 153-179
- [BEN MAHMOUD-JOUNI S., 2004] BEN MAHMOUD-JOUNI S. Management des connaissances et des apprentissages dans les entreprises multi-projets: le cas des stratégies d'offres innovantes, in *Faire de la recherche en management de projet*. GAREL G., GIARD V. and MIDLER C., FNEGE, Vuibert, p.225-244, 2004.
- [BILLON L., 2006] BILLON L. Définition d'un outil d'aide à la créativité basé sur l'expérience dans le cadre du Design to Cost chez Airbus. Mémoire de projet de recherche - Master Recherche Génie Industriel - Spécialité Innovation Conception Ingénierie
- [BODOC A., 2002] BODOC A. *Formes de socialisation dans la conception automobile - Le cas de Renault*. Thèse en Gestion, Economie et Sciences sociales, Ecole Nationale Supérieure des Ponts et Chaussées, 2002.
- [BRAXTON P., 1999] BRAXTON P. Target Costing Best Practices. ISPA SCEA 1999 Joint Conference, San Antonio, 1999.
- [CAMARGO-PARDO M., 2004] CAMARGO-PARDO M. *Estimation paramétrique des coûts des produits finis dans la Filière Textile - Habillement*. Thèse d'automatique, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, 2004.
- [CHAUVET A., 1996] CHAUVET A. Le Redesign to cost des produits, Les Editions d'organisation, 1996.
- [CHEVENIER C. *et al.*, 2001] CHEVENIER C. et YANNOU B. Maîtrise des performances et des risques de projet - Enseignements d'application de SPEC à des cas industriels. *Revue française de Gestion Industrielle, numéro spécial sur le Management par la Valeur*, Vol.20(2), avril 2001.
- [COLEMAN R. L., 1998] COLEMAN R. L. Total Ownership Cost (TOC) & Cost As an Independent Variable (CAIV) and their Relationship to Target Costing. ISPA SCEA 1998 Joint Conference, Toronto, Canada, 1998.
- [COOPER R. *et al.*, 1999] COOPER R. et SLAGMULDER R. Develop profitable new products with target costing. *Sloan Management Review*, Summer 1999.

- [CORBY O. *et al.*, 2004] CORBY O., DIENG-KUNTZ R. et FARON-ZUCKER C. Querying the Semantic Web with Corese Search Engine. 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'2004), subconference PAIS'2004, Valencia, 2004.
- [COWAN F. S. *et al.*, 2000] COWAN F. S., MARSTON M. et MISTREE F. Design for excellence: a microworld, game-theoretic approach. Engineering Design Conference 2000: Design for Excellence, Bury St Edmunds, U. K., 2000.
- [CROW K., 2004] CROW K. (2004). "<http://www.npd-solutions.com/dtcccons.html>." Retrieved accessed in august 2004.
- [DAUGEY A. *et al.*, 2005] DAUGEY A. et MASON A.-M. Etude Psychosociale sur la Démarche Design to Cost chez Airbus France. Mémoire de D.E.S.S Psychologie Sociale et Psychologie du Travail, Novembre 2005.
- [DAVILA A. *et al.*, 2004] DAVILA A. et WOUTERS M. Designing Cost Competitive Technology Products through Cost Management. *Accounting Horizons*, Vol. Vol. 18, No.1): pp. 13-26, March 2004.
- [DE TERSSAC G. *et al.*, 1996] DE TERSSAC G. et FRIEDBERG E. Coopération et Conception, Toulouse, 1996.
- [DEPARTMENT OF DEFENSE *et al.*, 2002] DEPARTMENT OF DEFENSE et DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY. Contractor Cost Data Reporting (CCDR) Manual
- [DHILLON B. S., 1989] DHILLON B. S. Life cycle costing - Techniques, Models and Applications. Gordon and Breach Science Publishers, Canada, 1989.
- [EL-MOUSTAPHA M. *et al.*, 2006] EL-MOUSTAPHA M., MICAËLLI J.-P., FERNEY M. et DECREUSE C. Chapitre 9: Kostimator, une méthode d'estimation du coût paramétrique en conception, in *Evaluation et décision dans le processus de conception*. YANNOU B. and BONJOUR E., Traité IC2, série Productique, Hermes Sciences, Paris, 2006.
- [ELHAMDI M., 2005] ELHAMDI M. *Modélisation et simulation de chaînes de valeurs en entreprise - Une approche dynamique des systèmes et aide à la décision: SimulValor*. Thèse de doctorat, Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris, 2005.
- [ELHAMDI M. *et al.*, 2006] ELHAMDI M. et YANNOU B. Chapitre 15: Evaluation des flux de valeurs d'une entreprise. Une approche de dynamique des systèmes multicritères, in *Evaluation et décision dans le processus de conception*. YANNOU B. and BONJOUR E., Traité IC2, série Productique, Hermes Sciences, Paris, 2006.
- [FABRYCKY W. *et al.*, 1991] FABRYCKY W. et BLANCHARD B. Life Cycle Cost and Economic Analysis, 1991.
- [FARINEAU T., 2001] FARINEAU T. *Etude et définition d'outils d'analyse économique en phase d'avant-projet appliqués à la production mécanique: Application aux coûts d'usinage*. Thèse de Génie Mécanique, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, 2001.
- [FEIL P. *et al.*, 2004] FEIL P., YOOK K.-H. et KIM I.-W. Japanese Target Costing: A Historical Perspective. *International Journal of Strategic Cost Management*), Spring 2004.
- [FERRIN B. G. *et al.*, 2002] FERRIN B. G. et PLANK R. E. Total Cost of Ownership Models: An Exploratory Study. *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, Vol. Volume 38, Number 3): pp. 18-29, August 2002.
- [FREY C., 2003] FREY C. (2003, March 2003). "An overview of Idea Management Systems." Retrieved Accessed in November 2005, from <http://www.innovationtools.com/Resources/ideamgmt-details.asp?a=80>.
- [GALLOIS D., 2006] GALLOIS D. Airbus veut réduire ses coûts de 30%. *Le Monde*, 4 octobre 2006.

- [GAUTIER F., 1997] GAUTIER F. Evaluation économique des activités de conception et de développement des produits nouveaux. *Papier de recherche 1997.12 du GREGOR, IAE de Paris, Revue française de gestion industrielle*)
- [GAUTIER F., 1998] GAUTIER F. Evaluation économique des activités de conception et de développement des produits nouveaux. *Papier de recherche 1997.12 du GREGOR, IAE de Paris, Revue française de gestion industrielle*)
- [GAUTIER F., 2002] GAUTIER F. *Pilotage économique des projets de conception et développement de produits nouveaux: Etude exploratoire et proposition d'une instrumentation basée sur le cycle de vie dans l'industrie aéronautique*. Thèse en Sciences de Gestion, Université de Paris I - Panthéon Sorbonne, 2002.
- [GAUTIER F. et al., 2000] GAUTIER F. et GIARD V. Vers une meilleure maîtrise des coûts engagés sur le cycle de vie, lors de la conception de produits nouveaux. *Papier de recherche 2000.01 du GREGOR*
- [GIFAS, 2003] GIFAS- Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales. *La conception à coût global - Guide - Edition 2003*
- [GLADE M., 2005] GLADE M. *Modélisation des coûts de cycle de vie: prévision des coûts de maintenance et de la fiabilité - Application à l'aéronautique*. Thèse en mécanique, Laboratoire de l'Ecole Centrale de Lyon, 2005.
- [GRANGE P., 1996] GRANGE P. *Piloter les coûts des produits industriels - Outils et méthodes pour concevoir au moindre coût*. Dunod, Paris, 1996.
- [GUICHEBARON S. et al., 2005] GUICHEBARON S. et MARTINIE S. Impacts psychosociaux de la méthode Design to Cost à Eurocopter. *Mémoire de D.E.S.S Psychologie Sociale et Psychologie du Travail*, Novembre 2005.
- [HERMANN J. W. et al., 2004] HERMANN J. W., COOPER J., GUPTA S. K., HAYES C. C., ISHII K., KAZMER D., SANDBORN P. A. et WOOD W. H. *New directions in Design for Manufacturing*. ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Salt Lake City, Utah USA, 2004.
- [JACQUESON L., 2002] JACQUESON L. *Intégration de l'environnement en entreprise : Proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales*. Thèse en Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2002.
- [KAUSAL B. A., 1996] KAUSAL B. A. *Controlling Costs - A historical perspective*. *Cost as an Independent Variable*, Vol.PM: November-December 1996): 22-28
- [KAYE M. A. et al., 2000] KAYE M. A., SOBOTA M. S., GRAHAM D. R. et GOTWALD A. L. *Cost as independent variable (CAIV) : principes and implementation*. *28 Jan 00 update to paper published 27 sep 99 for American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)*
- [LABORIE F., 2006] LABORIE F. *Le concept de salle de décision collective et son application aux processus complexes EADS*, Doctorat de l'Université Paul Sabatier (spécialité Informatique), 2006.
- [LAND J. G., 1997] LAND J. G. *Differences in Philosophy - Design To Cost vs. Cost As an Independant Variable*. *PM*): pp. 24-28, March - April 1997.
- [LE POCHAT S., 2005] LE POCHAT S. *Intégration de l'éco-conception dans les PME - Proposition d'une méthode d'appropriation de savoir-faire pour la conception environnementale des produits*. Thèse de Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2005.
- [LONGUEVILLE B., 2003] LONGUEVILLE B. *Capitalisation des processus de décision dans les projets d'innovation : Application à l'automobile*. Thèse de Génie Industriel, Laboratoire de Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris, 2003.

- [LONGUEVILLE B., 2005] LONGUEVILLE B. KINOA: a collaborative annotation tool for engineering teams. International Workshop on Annotation for Collaboration. Paris, France2005.
- [LORINO P., 1994] LORINO P. Target Costing ou gestion par coût cible - Deuxième partie: pratique et mise en oeuvre du "Target Costing". *Revue Française de comptabilité*, Vol.256), Mai 1994.
- [LORINO P., 1994] LORINO P. Target Costing ou gestion par coût cible - Première partie: boîte à outil ou mode d'apprentissage organisationnel: qu'est-ce que le Target Costing. *Revue Française de comptabilité*, Vol.255), Avril 1994.
- [LORINO P., 2003] LORINO P. Cycle de vie du produit et target costing (Chap. 10), in *Méthodes et pratiques de la performance - Le pilotage par les processus et les compétences*, Editions d'Organisation, p.291-332, 2003.
- [MANSAR S. L. et al., 2003] MANSAR S. L., REIJERS H. A. et MARIR F. Case-Based Reasoning as a technique for knowledge management in Business Process Redesign. *Electronic Journal on Knowledge Management*, Vol.1(2): 113-124, December 2003.
- [MCKINSEY OPERATIONS EFFECTIVENESS GROUP, 2000] MCKINSEY OPERATIONS EFFECTIVENESS GROUP. (2000, September 2000). "Design to Cost guide." from http://www.mckinsey.de/downloads/knowmatters/operations/operations_direct_to_cost.pdf.
- [MEISL P. et al., 2004] MEISL P. et RATLIFF K. The Radar Cost Model. The Society of Cost Estimating & Analysis 2004 National Conference, Manhattan Beach, California, 2004.
- [MESSEGHEM K. et al., 2004] MESSEGHEM K. et SCHMITT C. Pour une approche dialectique de la relation projet/métier, in *Faire de la recherche en management de projet*. GAREL G., GIARD V. and MIDLER C., FNEGE, Vuibert, p.145-160, 2004.
- [MEYSSONNIER F., 2001] MEYSSONNIER F. Le target costing: un état de l'art. *Revue Finance - Contrôle - Stratégie*): 25 p., décembre 2001.
- [MICHAELS J. V. et al., 1989] MICHAELS J. V. et WOOD W. P. Chap. 6. Estimating and Controlling costs, in *Design to Cost*, Wiley-Interscience, p.pp 276-349, 1989.
- [MICHAELS J. V. et al., 1989] MICHAELS J. V. et WOOD W. P. Design to Cost. Wiley-Interscience, Rodney D. Stewart, New York, USA, 1989.
- [MIDLER C., 1993] MIDLER C. L'auto qui n'existait pas - Management des projets et transformation de l'entreprise. InterEditions, 1993.
- [MILLET D., 2003] MILLET D. Intégration de l'environnement en conception - l'entreprise et le développement durable. Hermes Science, Lavoisier, 2003.
- [MOISDON J.-C. et al., 1998] MOISDON J.-C. et WEIL B. La capitalisation technique pour l'innovation: expériences dans la conception automobile. Cahiers de recherche de GIP Mutations Industrielles, n°76, octobre 1998.
- [MURMAN E. M. et al., 2000] MURMAN E. M., WALTON M. et REBENTISCH E. Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design, engineering and manufacturing. *The Aeronautical Journal*, Vol. Vol. 104, N° 1040), September 2000.
- [NASA, 2004] NASA. (2004). "NASA Cost Estimating Website <http://www.jsc.nasa.gov/bu2/>." Retrieved Accessed on 29th juillet 2004, 2004.
- [NF EN 1325-1, 1996] NF EN 1325-1 Vocabulaire du Management de la valeur, de l'Analyse de la Valeur et de l'Analyse Fonctionnelle - Partie 1 : Analyse de la valeur et analyse fonctionnelle. (*indice de classement : X 50-150-1*), novembre 1996.
- [NF EN 12973, 2000] NF EN 12973 Management par la valeur. (*indice de classement : X 50-154*)

- [NF X50-153, 1985] NF X50-153 Analyse de la valeur - Recommandations pour sa mise en œuvre. (*indice de classement: X50-153*), Mai 1985.
- [NF X50-156, 2003] NF X50-156 Conception à Objectif Désigné ou à Coût Objectif (COD/CCO) - Exigences pour un pilotage concerté de la conception. (*indice de classement: X50-156*), Décembre 2003.
- [PERRIN-BRUNEAU F., 2005] PERRIN-BRUNEAU F. *Proposition d'une démarche d'intégration de nouvelles méthodes en conception: Eléments pour la définition du rôle de l'intégrateur "méthodes"*. Thèse en Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2005.
- [RIGOT-MULLER P., 2004] RIGOT-MULLER P. *Les Evolutions de la Fonction Méthode dans l'Industrie Automobile: Outils et Enjeux Organisationnels*. Thèse en Sciences de Gestion, Ecole des Mines de Paris, 2004.
- [RIVIERE A., 2004] RIVIERE A. *Gestion de configuration et des modifications lors du développement de grands produits complexes en ingénierie concurrente – Cas d'application Aéronautique*, Institut National Polytechnique de Grenoble - spécialité "Génie Industriel", 2004.
- [ROY R. et al., 2001] ROY R., KELVESJO S., FORSBERG S. et RUSH C. Quantitative and Qualitative Cost Estimating for Engineering Design. *Journal of Engineering Design*, Vol.12(2): pp 147-162
- [RUSH C. et al., 2000] RUSH C. et ROY R. Analysis of cost estimating processes used within a concurrent engineering environment throughout a product life cycle. 7th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, Lyon, France, 2000.
- [SHIELDS M. et al., 1991] SHIELDS M. et YOUNG M. Managing Product Life Cycle Costs: An Organizational Model. *Journal of Cost Management*: pp 39-52
- [SNODGRASS A., 2001] SNODGRASS A. Cost As an Independent Variable. *Proposal Management*), Spring 2001.
- [SPYNS P. et al., 2002] SPYNS P., MEERSMAN R. et JARRAR M. Data modelling versus Ontology engineering. *SIGMOD*, Vol.31(4), December 2002.
- [STAL-LE CARDINAL J., 2000] STAL-LE CARDINAL J. *Etude des dysfonctionnement dans la prise de décision. Application au choix d'acteur*. Thèse de doctorat - Spécialité Productique - Génie Industriel, Laboratoire Productique Logistique, Ecole Doctorale de l'Ecole Centrale Paris, 2000.
- [STOUT R., 2005] STOUT R. *CAIV's effect on system attributes: an exploratory pilot study*. Thesis in management of technology, Graduate School of Vanderbilt, 2005.
- [STUKES S. et al., 1994] STUKES S. et APGAR H. Design-to-Life-cycle-cost in aerospace. International Conference of the Society of American Value Engineers (SAVE), New Orlean, USA, 1994.
- [SWENSON D. et al., 2003] SWENSON D., ANSARI S., BELL J. et KIM I.-W. Best Practices in Target Costing. *Management Accounting Quarterly*, Vol.4(2): 12-17, Winter 2003.
- [TAKAYUKI A., 2003] TAKAYUKI A. Target Costing of Toyota and Boeing. Research report, October 2003.
- [TISSOT A., 2005] TISSOT A. *Vers un système de management des connaissances: étude et caractérisation dans le cadre d'une entreprise à structure décentralisée*. Thèse de doctorat - Spécialité Productique - Génie Industriel, Laboratoire Génie Industriel, Ecole Doctorale de l'Ecole Centrale Paris, 2005.
- [VLIET J. W. v. et al., 2000] VLIET J. W. v., LUTTERWELT C. A. et KALS H. J. J. Quantification of life-cycle aspects in a DfX context. ICPR-2000 conference, Bangkok, Thailand, 2000.
- [WHITE G. E. et al., 1976] WHITE G. E. et OSTWALD P. F. Life cycle costing. *Management Accounting*: pp 39-42/1976.

- [WILLIAMSON B., 1994] WILLIAMSON B. Design to cost lessons learned. Conference of the Society of American Value Engineers (SAVE), New Orlean (LA), 1994.
- [YANNOU B., 1998] YANNOU B. Chapitre 3: Analyse Fonctionnelle et Analyse de la Valeur, in *Conception de produits mécaniques: méthodes, modèles et outils*. TOLLENAERE M., Hermes, p.77-104, 1998.
- [YANNOU B. *et al.*, 2004] YANNOU B. et BIGAND M. A curriculum of value creation and management in engineering. *European Journal of Engineering Education*, Vol.29(3): pp. 255-366
- [YANNOU B. *et al.*, 2000] YANNOU B. et LIMAYEM F. La méthode SPEC: Suivi de performances en cours de conception. IDMMME2000: Third International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, Montréal, 2000.
- [YANNOU B. *et al.*, 2002] YANNOU B., LIMAYEM F. et HAJSALEM S. Comparaison de la méthode SPEC et de l'Analyse de la valeur pour l'aide à la conception préliminaire de produits. *Mécanique et Industries*, Vol.3(2): pp 189-200, mars-avril 2002.

Résumé :

Ce travail de thèse s'intéresse à la maîtrise et à l'intégration des coûts dans les projets de conception aéronautiques. L'étude des pratiques Design to Cost (nom de la méthode de maîtrise des coûts utilisée dans certaines entreprises) chez Airbus et Eurocopter (deux entreprises aéronautiques du groupe EADS) nous permet d'identifier trois classes de dysfonctionnements liés à la maîtrise des coûts dans les projets de conception de ces deux entreprises : les dysfonctionnements liés au métier Design to Cost, ceux liés aux contextes projets et ceux liés aux acteurs. Nous proposons de résoudre certains dysfonctionnements liés au métier Design to Cost en intégrant la gestion des connaissances dans le processus de maîtrise des coûts en conception. Les méthodes et outils liés aux méthodes de maîtrise des coûts se classent en trois processus principaux : la gestion des cibles, la gestion des opportunités de réduction des coûts et le suivi / pilotage. Nous expérimentons le processus Design to Cost proposé sur la gestion des opportunités de réduction des coûts. Pour cela nous proposons trois outils. Le premier est une typologie de modifications qui permet de caractériser chaque opportunité de réduction des coûts en fonction des modifications qu'elle induit. Le deuxième est une liste d'inducteurs de coût qui aide à identifier les paramètres dont la modification influence significativement les coûts. Enfin, le troisième est un modèle dont la mise en œuvre vise à exploiter les opportunités passées : OSIRIS (Optimiser for Saving Idea Reuse). Les contributions ont été validées via un prototype informatique testé par les acteurs de l'équipe Design to Cost Airbus.

Mots clés :

Maîtrise des coûts, Design to Cost, intégration d'un nouveau domaine, aéronautique, conception, projet.

Abstract:

This thesis deals with cost management and integration inside new aeronautical products development. Through the study of Design to Cost (DtC) practices (name of the method used inside some companies) at Airbus and Eurocopter (two aeronautical companies that belong to EADS group), we define three types of issues linked to cost management within the projects led by these two companies: issues linked to Design to Cost skills, issues linked to project constraints and issues linked to relationships between DtC actors and project actors. We propose to solve some issues linked to DtC skills by implementing knowledge management within the DtC process. Methods and tools linked to Design to Cost process can be divided into three classes: target management, cost saving opportunities management and reporting process. We experiment our proposals on cost saving opportunities management process. We propose three tools. The first one is a modification typology that enables to characterise each cost saving opportunity through a description of its associated modifications. The second one is a cost driver list that identifies the main parameters whom modification can influence the cost of a sub-system. The third proposition is a model that supports past cost saving opportunities reuse: OSIRIS (Optimiser for Saving Idea Reuse). Our proposals have been validated through a prototype tested by actors belonging to the Airbus Design-to-Cost team.

Keywords:

Cost management, Design to Cost, integration of a new field, aeronautics, design, project.