

ANALYSE DES BESOINS INDUITS PAR LA MISE EN PLACE DU DESIGN TO COST CHEZ EUROCOPTER

Sandrine Angéniol* , Mickaël Gardoni** , Bernard Yannou*** , Roland Chamerois****

Résumé. - Les projets de développement de nouveaux hélicoptères sont soumis à de très fortes contraintes temporelles. Ces contraintes soulignent la nécessaire bonne organisation du processus de conception. Avec l'émergence du design for X, une prise de conscience a eu lieu concernant la prise en compte de tous les paramètres du cycle de vie en amont de la conception. Nous analysons dans cet article le cas d'Eurocopter qui essaie de mettre en place la méthodologie Design to Cost, afin d'intégrer de manière plus systématique le paramètre du coût dans les décisions de conception. L'objectif de cet article est de définir les besoins métiers résultant de la mise en place du Design to Cost chez Eurocopter.

Mots-clés : Design to Cost, Design for X, Multidisciplinary Design Optimisation, Design alternatives management

1. Introduction

1.1 Spécificités du marché

Le marché de l'hélicoptère possède certaines caractéristiques spécifiques comme un cycle de développement long (entre 5 et 10 ans en moyenne). De plus, les hélicoptères sont produits en petites séries, les coûts R&D sont donc difficilement amortis.

Nous allons nous intéresser, dans cet article, aux contraintes relatives au développement de nouveaux hélicoptères. Les contraintes temporelles relatives aux projets de conception sont

* Doctorante au laboratoire LGI (Ecole Centrale Paris).

** Maître de Conférences au laboratoire GILCO (INPG).

*** Maître de Conférences au laboratoire LGI (Ecole Centrale Paris).

**** Ingénieur de recherche au Centre Commun de Recherche EADS.

souvent fortes ; afin de mieux comprendre la nature de ces contraintes, nous allons nous intéresser à deux étapes particulières du développement d'un appareil :

- réponse à un appel d'offre ;
- campagne de réduction.

1.2 Réponse à un appel d'offre

Le développement d'un nouvel hélicoptère est souvent réalisé sur contrat étatique ou sur gros contrat afin d'amortir les coûts de développement. En effet, le développement d'un nouvel appareil est très coûteux (ressources importantes, prototypage, essais...). L'engagement de telles dépenses est donc déclenché par une proposition de financement, par le biais d'un appel d'offres par exemple.

Une fois qu'un appel d'offres est lancé, des études sont réalisées afin de déterminer ce qui est faisable et qui répond aux exigences du client. Une proposition est ensuite faite au client, elle constitue un engagement sur des performances, des coûts ou encore des délais à respecter. La principale difficulté est due au fait que les délais pour répondre à l'appel d'offres sont imposés par le client et sont parfois courts. Rappelons que c'est durant les premières phases de conception que la majorité des coûts sont engagés, ces études préliminaires sont donc très importantes.

Ainsi, lors de la réponse à un appel d'offres, les contraintes de temps sont très fortes et difficilement contournables. Ces premières études doivent donc être réalisées avec une attention particulière afin d'éviter au maximum des boucles de modifications qui font perdre un temps précieux.

1.3 Campagne de réduction

Ce type de démarche est lancé en fin de développement de produit, lorsqu'un bilan de coût, de masse (ou autre) est fait et que les contraintes clients ne sont pas respectées ou que la marge de l'entreprise n'est pas assurée. Souvent, ces démarches sont lancées dans l'urgence et les délais sont d'autant plus délicats à tenir que la marge de manœuvre est réduite : les modifications possibles sont minimes, ce sont les processus de fabrication qui sont plutôt remis en cause.

Pour une telle campagne, des objectifs de gain doivent être définis, l'atteinte des objectifs peut éventuellement être définie dans le temps, en fonction des livraisons d'appareils.

Il est important de structurer la démarche et l'organisation de la campagne de réduction afin de responsabiliser les acteurs de la campagne, particulièrement dans le cas d'objectifs de gains très ambitieux. La mobilisation des bonnes personnes et la formation des groupes de travail peuvent prendre du temps.

Ainsi, le développement d'un nouvel appareil est soumis à des contraintes temporelles fortes. Ces contraintes soulignent la nécessaire organisation du processus de conception.

De manière générale, les entreprises ont répondu à cet objectif de délai 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 de direction de projet et organisées, de plus en plus fréquemment, selon les principes de l'ingénierie concourante (Gautier, 1998).

2. Optimisation de la conception

2.1 Naissance du Design for X

Durant les années 90, les chiffres relatifs aux coûts et aux délais de développement de nouveaux appareils dans le domaine aéronautique sont critiques. Avec un marché qui doit faire face à une baisse des investissements et à une compétitivité croissante, de nombreux efforts doivent être faits pour améliorer cette situation (Murman, Walton & al., 2000).

Ces constatations ont entraîné une remise en cause du processus de conception. Il est apparu important de prendre en compte très en amont l'impact des décisions sur des paramètres qui n'interviennent que tard dans le processus de conception. Cela revient à se demander très tôt dans la conception comment le produit sera fabriqué, utilisé, maintenu ou encore recyclé.

Cependant, l'impact des décisions est délicat à prévoir très en amont de la conception ce qui rend difficile la prise en compte de ces paramètres (Hermann, Cooper & al., 2004). Afin de soutenir les concepteurs dans la prise en compte de ces paramètres, de nombreuses méthodes ont été proposées aux concepteurs, elles sont regroupées sous le terme de méthodes « Design for X ».

Les hélicoptères sont des systèmes dont les performances dépendent de l'interaction de nombreuses disciplines. De plus, une insistance forte a été mise sur le fait qu'il était indispensable d'intégrer très en amont les paramètres liés aux phases futures du développement du produit tels que la fabrication, la maintenabilité ou les coûts (AIAA, 1991).

La philosophie « Design for X » souligne le fait qu'en considérant toutes ces contraintes suffisamment en amont, le processus de conception devrait être plus performant. Cependant, la mise en place de ce type de méthode demande un investissement et des efforts supplémentaires dans les phases amont de la conception (Kuo, Huang & al., 2001).

Aujourd'hui, on parle beaucoup de « Multidisciplinary Design Optimization » (MDO), ce terme regroupe les méthodes qui ont pour objectif d'optimiser les performances de systèmes

complexes en prenant en compte plusieurs paramètres qui ont un impact sur le système (Renaud & Shi, 2002).

2.2 *Cas particulier du coût*

Le coût est un paramètre de conception important, cependant, l'intégration du coût comme variable indépendante (fixée en amont de la conception et non traitée comme une conséquence du design) dans les projets de développement est difficile mais néanmoins indispensable pour l'optimisation de la conception. En effet, comme l'explique Bellut (Bellut, 1990), « l'objectif de coût récurrent de production est à intégrer dès le début du développement. C'est un élément de conception. Ce n'est plus la conséquence des choses constatées à la fin lorsque la liberté d'agir est devenue nulle ». Dans le domaine de l'aéronautique, les concepteurs sont habitués à prendre en compte le paramètre de la masse, c'est devenu un réflexe de toujours surveiller qu'un choix ne fera pas trop augmenter la masse. Le coût, par contre, est trop peu pris en compte en amont du projet, les concepteurs maîtrisent mal ce paramètre, un effort important de sensibilisation par rapport au coût est souhaitable.

A la suite de ce constat de faible prise en compte du coût, certaines entreprises ont essayé de mettre en place des méthodes de management des coûts afin de maîtriser ce paramètre. Nous allons rapidement balayer ces méthodes pour nous intéresser par la suite plus précisément au cas de la mise en place du Design to Cost chez Eurocopter.

3. Mise en place du DtC pour l'optimisation de la conception

3.1 *Le Design to Cost*

De nombreuses méthodes visant à traiter le coût comme une variable indépendante ont été développées dans l'industrie. Ces méthodes ont pour point commun la définition en amont de la conception d'un coût cible à respecter au même titre que les performances et les délais. Citons les principales méthodes :

- Design to Cost (DtC) : concept défini par le Ministère de la Défense aux Etats-Unis en 1971. Le Design to Cost 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 & Wood, 1989).
- Target costing : démarche de réduction des coûts née, au Japon dans l'industrie automobile, dans les années soixante. A partir des prix du marché et de la détermination du prix de vente concurrentiel, le coût cible est déterminé, c'est la différence entre le prix de vente concurrentiel et la marge attendue (Meyssonier, 2001).

- Cost As Independent Variable.

Chez Eurocopter, afin de favoriser la prise en compte des coûts, une équipe chargée de mettre en place le DtC a été créée. Notons que l'objectif de l'équipe DtC n'est pas de faire passer le coût devant les autres paramètres, mais bien d'optimiser le produit dans sa globalité. L'accent est mis sur le coût car c'est un des paramètres le plus difficilement pris en compte. C'est pourquoi nous élargissons le terme « Design to Cost » à « Design to X » où le « X » peut représenter tout paramètre qui va être souligné par la mise en place d'une cible. Afin de mieux comprendre ce terme, voici ci-dessous (figure 1) une représentation SADT du processus Design to X.

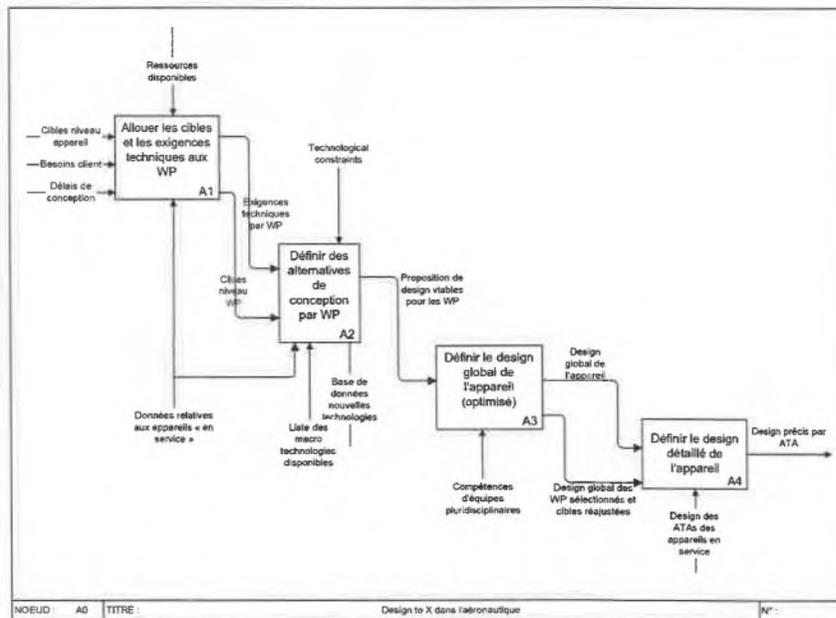


Figure 1 : SADT du processus Design to X dans l'aéronautique

Dans cette représentation, nous considérons que l'hélicoptère est divisé en Work Package (WP) et que chaque WP est divisé en ATA. La première étape (A1) consiste à allouer à chaque responsable de WP des cibles à atteindre et des performances techniques à respecter. Dans un deuxième temps (A2), chaque équipe responsable du WP propose des alternatives de conception qui répondent aux contraintes techniques et qui permettent l'atteinte des cibles. La troisième étape (A3) consiste à sélectionner les alternatives de conception qui permettent une optimisation globale de l'appareil, cette étape aboutit à une définition du design global de l'appareil et des WP. Enfin, la dernière étape (A4) consiste à définir le design détaillé des ATAs.

3.2 Etat des lieux du DtC dans une société hélicoptère

Le Design to Cost est en cours de mise en place dans la société hélicoptère. 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 en multicritères (performances, coûts, risques, délais). L'objectif de l'équipe est en effet d'aboutir à une optimisation multidisciplinaire de la conception, cela passe donc par une collaboration avec les autres services. Peu à peu, cette collaboration se met en place. Dans le cadre de cette thèse, deux séjours de deux semaines ont été réalisés au sein de l'équipe DtC afin de comprendre les modalités de mise en place de la méthode sur les projets Eurocopter. Ces séjours ont permis de faire dans un premier temps un bilan des initiatives prises par l'équipe pour faciliter la mise en place du DtC. Cela a été également l'occasion de dresser une liste des difficultés rencontrées lors de la mise en place du DtC. La première origine de ces difficultés est le changement que la mise en place de cette méthode implique. En effet, la mise en place du DtC implique un changement à deux niveaux :

- au niveau des métiers puisque les concepteurs doivent systématiquement prendre en compte le paramètre coût au fur et à mesure de leur travail de conception afin d'atteindre les cibles qui leur ont été fixées ;
- au niveau des acteurs projets qui doivent réaliser leur choix en prenant en compte tous les paramètres relatifs au cycle de vie du produit.

Aussi, par la suite, nous allons nous intéresser aux besoins des métiers, engendrés par la mise en place du Design to Cost.

4. Les besoins métiers pour le management des solutions de conception

Afin de mieux comprendre les besoins métiers, les concepteurs ont été interrogés. L'objectif de ces interviews était de mieux comprendre leurs besoins pour le management des solutions de conception.

Les entretiens réalisés sont des entretiens semi-directifs basés sur un questionnaire à questions ouvertes, une dizaine de concepteurs ont été interrogés et chaque interview a duré environ une heure. Les personnes rencontrées sont des chargés d'affaires (responsable du développement d'un sous-système relatif à un appareil), des concepteurs et un chef de département.

Les concepteurs ou chargés d'affaires participent aux activités suivantes :

- Conduire le développement d'un projet
- Développer un ensemble industrialisé en interne

- Réaliser les études scientifiques nécessaires au dimensionnement, à la mise au point et à la certification
- Réaliser les analyses de résistance nécessaires au dimensionnement et aux certifications/qualifications.

Pour l'instant, les personnes interrogées sont responsables du développement d'un ensemble industrialisé en interne. Pour le développement de nouveaux ensembles, la demande client (avant-projet ou recherche) est formalisée sous forme d'une spécification de besoin. Si cela n'a pas été fait au niveau projet, cette spécification de besoin est rédigée par les métiers afin d'éviter des évolutions de la demande.

Les données d'entrée pour les métiers sont les exigences techniques ainsi que les contraintes clients qui peuvent imposer d'utiliser certaines technologies (exemple du fenestron demandé par un client pour une question d'esthétisme). On peut, en parallèle, leur imposer de réutiliser des pièces existantes sur d'autres appareils afin de diminuer les risques dus au développement d'un nouveau système et d'économiser des coûts de développement. De plus certains choix paraissent évidents au chef de projet et sont figés dès le début (exemple du nombre de pales sur un projet). Au niveau des métiers, le développement d'un produit nouveau peut se décomposer en deux phases constituées par des activités différentes.

La première phase se caractérise par des allers-retours entre les différents services. Les équipes avant-projets et métiers travaillent pour voir si les exigences clients sont faisables et les transforment en exigences techniques (nombre de pales, masse, plage de pas, données d'inertie, régime de rotation, ...). Une pré-étude aboutit à un engagement sur la faisabilité technique.

Dans un deuxième temps, une fois que le cahier des charges technique est figé, on choisit les solutions techniques, cela passe par un parcours plus approfondi des équipes métiers.

4.1 Créativité et innovation

Beaucoup d'éléments sont figés au niveau de la conception, le projet va demander des modifications plutôt au niveau local que global, il reste donc peu de latitude pour la créativité, celle-ci intervient très localement.

Il n'y a pas de remise en cause globale d'une solution. Pour des questions de sécurité, dans le domaine de l'hélicoptère, on passe systématiquement par du prototypage. Le développement dans ce domaine revient donc très cher, c'est la raison pour laquelle les chefs de projet essaient au maximum de réutiliser ce qui existe.

En général, un concept novateur est étudié en phase recherche dans un premier temps, puis une fois qu'il est validé, il peut passer en phase série.

Le plus souvent, il existe plusieurs macro-technologies disponibles pour un métier, et selon les contraintes du projet, les concepteurs piochent parmi ces macro-technologies. Celles-ci sont alors adaptées localement aux contraintes spécifiques du projet.

Pour favoriser la créativité, des réunions internes service ont lieu, il y a beaucoup d'échange de propositions pour des types de solutions, les gens d'expérience sont alors consultés et c'est ainsi que la transmission des connaissances est réalisée en partie dans le département interrogé.

Globalement, les concepteurs ne ressentent pas le besoin d'un outil d'aide à la créativité. Cependant, ils soulignent qu'il serait utile d'avoir un accès plus facile aux données. En effet, il arrive que pour s'aider dans la recherche d'une solution, les concepteurs consultent ce qui a été fait lors des précédents projets, cela n'est pas facile car l'obtention des données peut prendre des semaines, vu le nombre très important d'interlocuteurs à consulter.

4.2 Evaluation des solutions de conception

De plus en plus, on s'oriente vers des équipes intégrées en faisant intervenir des personnes de la qualité, des achats ou encore de la production, afin de soumettre le travail des concepteurs à la critique et évaluer plus facilement ces solutions au niveau multicritères.

Chez Eurocopter, les développements sont pilotés autour de 3 objectifs (Gautier, 2002) :

- La performance technique (niveau vibratoire, vitesse, charge utile...) dont l'évaluation n'est pas problématique puisque c'est le cœur du métier des concepteurs ;
- Les coûts (coûts de production, coûts de maintenance, etc.) ;
- La maîtrise des risques durant le développement.

Pour l'évaluation des performances d'une solution de conception, les concepteurs sont responsables de l'état des lieux techniques. Cette évaluation est basée sur leur connaissance du métier, ils ne ressentent donc pas le besoin d'être assistés, et ce point n'est pas problématique selon eux.

Globalement, les concepteurs sont plus acteurs sur la masse que sur les coûts. Souvent, les spécifications fixent des objectifs de masse très ambitieux et, pour respecter ces exigences, les concepteurs vont chercher ce gain de masse dans des matériaux plus chers (le titane par exemple).

La notion de coûts est peu connue par les concepteurs, mais cela ne signifie pas qu'ils ne s'en préoccupent pas, ils ont en effet conscience que les informations concernant cette notion leur manquent lorsqu'ils réalisent un plan. Ces données relatives aux coûts ne s'acquièrent qu'au bout d'un certain temps, avec l'expérience.

On peut distinguer deux phases durant lesquelles les concepteurs ont besoin des données de coûts :

- Durant la phase de conception, pour guider leurs choix de conception,
- Lors de l'évaluation des solutions de conception, le coût à évaluer dans ce cas n'est pas le coût d'une pièce élémentaire mais le coût de tout un système. Dans ce cas, ils soumettent le plan à la fabrication pour évaluer une alternative.

Le manque le plus clairement identifié concerne le premier point, c'est-à-dire un support pour guider les concepteurs dans leurs choix en donnant des indications de coûts. Pour faciliter la prise en compte des coûts par les concepteurs, il faudrait que, dès les phases amont de la conception, les concepteurs puissent avoir accès à des données de coût. Les spécifications relatives à ce besoin sont les suivantes :

- Etre rapide d'utilisation : pour que les concepteurs prennent en compte les coûts, il ne faut pas que cela représente un investissement en temps trop important.
- Prendre en compte les incertitudes liées aux phases amont du processus de développement : selon les phases du projet, les données de coût attendues par les concepteurs ne sont pas les mêmes ; la difficulté principale est rencontrée lors des phases amont de la conception où les données sont incertaines et incomplètes.
- Etre facile d'utilisation : lors des interviews, les concepteurs insistent sur le fait que le chiffrage n'est pas le cœur de leur métier.

La création d'un département costing spécialisé dans l'estimation des coûts pourrait être envisagée, cependant, il est apparu que ce genre de département, bien que très utile par ailleurs, n'est pas forcément la réponse adaptée aux besoins exprimés précédemment. En effet, la création d'un département costing pourrait impliquer des démarches lourdes qui rallongeraient les temps d'obtention de données de coûts.

L'objectif est donc de définir un modèle de coût qui permette d'agréger les données disponibles afin de donner une estimation (même grossière pour les phases amont) des voies de conception envisagées par le concepteur et ainsi de le guider dans sa prise en compte du paramètre des coûts.

Il apparaît que des outils relativement similaires sont utilisés dans le département avant-projet. Une prochaine étape de notre étude consistera à étudier quelles sont les fonctionnalités de ces outils, et comment les données de sortie de ces outils d'avant-projet pourraient être adaptées lors des phases projet.

En conclusion, un besoin pour une mise à disposition d'outils qui donne des notions de coûts est exprimé. L'objectif de cet outil ne serait pas de chiffrer précisément les voies de conception mais de guider les concepteurs dans leurs choix.

4.3 Capitalisation

Les concepteurs travaillent beaucoup sur le principe de transmission d'expérience par l'humain, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de formalisation des connaissances, les anciens transmettent leurs connaissances aux plus jeunes par compagnonnage. La capitalisation est laissée à la responsabilité de chacun.

Cependant certaines initiatives visant à capitaliser les alternatives de conception et les compétences métiers sont en cours.

La première initiative concerne la création de guides de travail. Ces guides de conception ont pour objectif de synthétiser les données relatives au métier. Ils présentent les solutions préconisées pour chaque appareil, mais ne contiennent pas de notion de coût. Ces guides sont à diffusion restreinte, ils permettent d'aiguiller sur la technologie la plus adaptée pour répondre aux contraintes d'un nouveau projet.

La deuxième initiative consiste à rassembler certaines données relatives à un système. Une liste de critères importants pour ce système a été établie, et pour chaque pièce de la technologie, les critères sont renseignés. Pour l'instant, l'objectif est de formaliser ces données sous la forme d'un document, cela est très consommateur de temps car les données sont délicates à obtenir. Voici un exemple de critères à renseigner :

- Prix pièces séries
- Temps de fabrication
- Coût de maintenance
- Matériaux utilisés
- Type de fabrication (tiré d'une ébauche ou taillé dans la masse)
- Retour en utilisation

Certains manques ont été exprimés en ce qui concerne la capitalisation des connaissances.

- Capitalisation des processus de décision : cela a manqué sur certains projets durant lesquels certaines décisions ont été remises en cause alors que le choix était justifié
- Capitalisation des incidents d'utilisation pour avoir un retour sur les pièces
- Capitalisation des problèmes rencontrés et comment ils ont été résolus

On constate donc que sur certains thèmes, il serait important d'améliorer la capitalisation, cependant il faudrait veiller à ne pas tomber dans l'extrême inverse et stocker toutes les informations, l'information devrait être disponible de manière synthétique.

5. Conclusion

Dans le cadre de ces travaux, nous avons mis en exergue que les contraintes temporelles sont très fortes et difficilement contournables. Or, l'application du Design to Cost requiert un grand investissement en temps et en ressources, l'effort pour appliquer le DtC est donc d'autant plus important que les contraintes en temps sont fortes. Cela explique la difficulté de mise en place du Design to Cost. Il est donc important de porter une grande attention aux besoins exprimés par les personnes chargées d'appliquer le DtC.

L'accès aux données est une composante très importante puisque l'on peut difficilement se permettre de perdre du temps à rechercher des données nécessaires à la prise de décisions. Or le coût est une donnée actuellement longue à obtenir, ce qui ne facilite pas sa prise en compte.

Ainsi, le besoin le plus urgent qui ressort des différentes interviews réalisées est le besoin en outils de costing intermédiaire. En effet, il est demandé aux concepteurs de proposer des solutions répondant à des cibles de coûts. Il ne leur suffit donc pas de faire chiffrer leurs propositions lorsque les alternatives de conception sont créées. La mise en place du Design to Cost les oblige à considérer les coûts au fur et à mesure de la création des alternatives, afin de ne pas faire de sur-qualité et d'optimiser localement les solutions proposées. Aujourd'hui cette prise en compte des coûts au fur et à mesure de la conception requerrait la mise à leur disposition d'un outil de costing intermédiaire leur donnant un accès facile à des informations de coûts élémentaires.

6. Bibliographie

- AIAA, 1991. Technical Committee on Multidisciplinary Design Optimization (MDO) - White paper on current State of the Art.
- Bellut, S., 1990. La compétitivité par la maîtrise des coûts : Conception à coût objectif et analyse de la valeur. Paris, AFNOR Gestion.
- Gautier, F., 2002. 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 - Pantheon Sorbonne, Paris.
- Gautier, F., 1998. 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.

- Hermann, J. W., Cooper, J., Gupta, S. K., Hayes, C. C., Ishii, K., Kazmer, D., Sandborn, P. A. & Wood, W. H., 2004. New directions in Design for Manufacturing. ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Salt Lake City, Utah USA.
- Kuo, T.-C., Huang, S. H. & Zhang, H.-C., 2001. Design for manufacture and design for "X": concepts, applications, and perspectives. *Computers & Industrial Engineering* Vol. 41, N° 3: pp 241-260.
- Meyssonnier, F., 2001. Le target costing : un état de l'art. *Revue Finance - Contrôle - Stratégie*: 25 p., décembre 2001.
- Michaels, J. V. & Wood, W. P., 1989. *Design to cost*, Wiley-interscience.
- Murman, E. M., Walton, M. & Rebentisch, E., 2000. Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design, engineering and manufacturing. *The Aeronautical Journal* Vol. 104, N° 1040, September 2000.
- Renaud, G. & Shi, G., 2002. Evaluation and implementation of multidisciplinary design optimization strategies. ICAS 2002.