

LE PROBLEME PARTICULIER DE LA CONCEPTION DES PRODUITS MANUFACTURES ET ASSEMBLES DANS L'INDUSTRIE DE L'AMEUBLEMENT

André THOMAS et Pascal TRIBOULOT*

Résumé. –Depuis vingt-cinq ans les processus de fabrication se sont très fortement industrialisés, mais ce n'est que plus récemment que l'on s'est aperçu que de grosses économies étaient possibles non seulement en se focalisant sur le processus de fabrication mais aussi en concevant les produits de façon à minimiser les coûts de fabrication et d'assemblage. Cette communication présente les particularités de l'industrie de l'ameublement dans l'application de ce concept.

Mots-clés : DFMA, créativité, conception de produits

1. Introduction

Depuis une cinquantaine d'années, un certain nombre de méthodes ont vu le jour pour faire évoluer la manière de concevoir et de développer de nouveaux produits. Les objectifs ont toujours été les mêmes : diminuer les coûts du produit et diminuer le temps de mise sur le marché. On a constaté, à l'époque, que 80% du coût du produit fini était imputable aux décisions prises au moment de la conception. Une des premières méthodes développées a été l'analyse de la valeur (Miles, 1947). Celle-ci s'appuie sur la recherche des différents besoins attendus par le client final et fait des propositions de solutions répondant au « juste nécessaire » de leur satisfaction. Quelques années plus tard, on s'est aperçu qu'il était encore possible de faire de grosses économies en focalisant la réflexion, non plus uniquement sur la conception du produit mais aussi sur la conception de son processus de fabrication.

* ENSTIB – R. du Merle Blanc 88000 EPINAL Andre.Thomas@enstib.u-nancy.fr

Plus tard encore, des recherches ont été faites sur le processus d'assemblage (Conception pour la fabrication et l'assemblage : Design For Manufacturing and Assembly -DFMA-) (Fujimoto,1989-Redford,1994-Otis,1994).

Théoriquement, toutes les procédures de DFMA concernent les problèmes relatifs à la géométrie des pièces et aux relations spatiales des composants entre eux. Mais en fait, peu d'études ont encore été faites pour penser l'organisation d'assemblage et de finition du produit dès sa conception.

Cette recherche d'économie a conduit un certain nombre d'investigations dans les domaines suivants :

- Diminution des variantes de produit fini, avec comme inconvénient le fait que cela conduit à diminuer les choix du client. Dans le contexte économique actuel, cette piste est abandonnée. (Al Obaidi, 1995)
- Amélioration de la technologie de fabrication des composants : les progrès faits dans le domaine de la commande numérique, de la robotisation... ont conduit à faire baisser les coûts de production. (Homen de Mello, 1989)
- Améliorer les systèmes de gestion de la production pour faire diminuer les en-cours et donc diminuer les délais et les coûts de production. (Poplestone, 1990)
- Amélioration des systèmes de fabrication eux-mêmes, avec les mêmes conséquences que précédemment.
- Penser en conception la fabrication et l'assemblage.
- Amélioration des techniques et des processus d'assemblage, car environ 50% des coûts de fabrication sont dus à des coûts d'assemblage. (Kadefors, 1997-Luttropp, 1997)

Les raisons pour lesquelles il est important aujourd'hui de se focaliser sur l'assemblage proviennent des faits suivants :

- La fabrication consommant de l'énergie, on a depuis toujours fait des efforts pour la diminuer contrairement à l'assemblage qui a souvent été manuel.
- On assemble quand on a fini de fabriquer les composants et donc, on pense d'abord la fabrication en se focalisant sur les différentes phases de son processus, sur les en-cours, les stocks, les problèmes de qualité ...
- Les gens se « débrouillent » toujours manuellement. L'assemblage étant majoritairement réalisé sans automatisme, on a laissé plus de liberté dans les gestes et l'organisation des opérateurs.

- L'assemblage réclame peu d'investissements lourds et donc ne justifie que peu de réflexion.

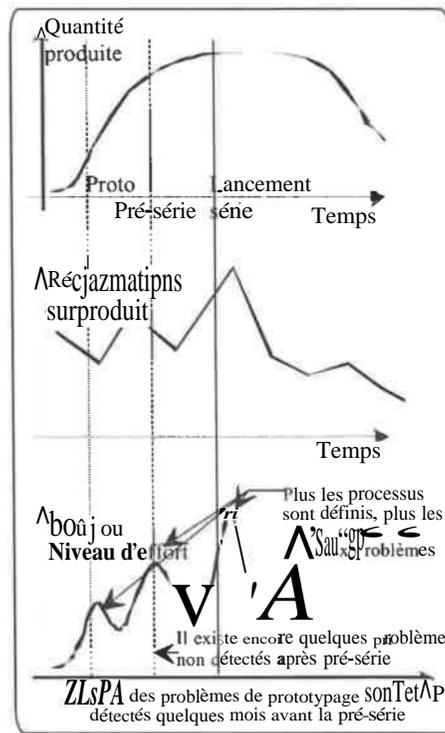


Figure 1 : Le cycle de développement-lancement

Cette recherche constante de diminution des coûts a alors conduit à développer un certain nombre de méthodes concernant l'assemblage. Elles sont, d'une manière globale, classées en trois catégories : assemblage manuel, dédié ou flexible.

Mais le contexte socio-économique a forcé l'accélération du cycle de développement des nouveaux produits. Les entreprises sont aujourd'hui poussées à de plus en plus d'innovations produits ou variantes, ce qui multiplie les coûts de conception et de lancement en fabrication. Sur la figure 1, on montre que seulement 50% des problèmes de prototypage sont détectés 6 mois avant le lancement de la présérie, et qu'il existe encore après celui-ci des problèmes que l'on découvrira seulement après le lancement en série stabilisée. Il sera alors très difficile, et coûteux, de corriger ces problèmes, et plus les processus seront définis, plus les outils et les outillages seront spécifiés... plus les coûts de mise au point seront élevés.

Les techniques de type DFMA conduisent donc à pallier ces inconvénients en pensant tout le processus de développement-industrialisation du produit dès sa conception initiale. En particulier son esthétique, les matériaux et les composants achetés et utilisés, le nombre de ces composants dans la nomenclature, les types de processus de fabrication et d'assemblage nécessaires... Cette logique conduira à diminuer le nombre de composants, à utiliser les matières et les composants « juste appropriés », à définir les tolérances « juste nécessaires ».

DFMA amènera donc des économies en améliorant la qualité, en ajustant les coûts du produit, en diminuant le nombre des composants, en évaluant les solutions de remplacement en fabrication avant que le problème ne se pose, en mettant en place un langage commun pour les acteurs intervenant dans le cycle de développement, en stimulant la créativité à travers un management participatif, motivant et pluridisciplinaire, en estimant avant la valeur ajoutée qui sera apportée au produit. En fait, DFMA crée un lien entre les différents services de l'entreprise que sont la conception, la fabrication, la qualité, le marketing et les finances.

2. L'industrie de l'ameublement

La fabrication du meuble s'inscrit parfaitement dans ce contexte. Cependant cette filière de production revêt quelques particularités :

- L'histoire a donné une place primordiale à l'esthétique du produit fini. Au niveau du client final, le rapport « qualité/prix » peut être perçu par le même individu de manière tout à fait variable en fonction du moment des circonstances.
- Le matériau n'est pas inerte et conduit à des usages particuliers tant en fabrication qu'en assemblage ou qu'en distribution.
- Les variantes ont souvent été développées au niveau des éléments constituant directement l'esthétique du produit. Aujourd'hui, les aspects fonctionnels et mécaniques (techniques de liaison, solutions de mobilité des éléments...) en font de plus en plus partie.
- Il existe beaucoup de très petites entreprises fabriquant quelques familles de produits en grande quantité, et qui donc se heurtent à des problèmes de gestion de gros volumes de flux avec un appareil de production quasi artisanal.
- Le concept de sûreté de fonctionnement n'est que naissant, il est perçu comme tout à fait secondaire face à l'esthétique du produit.
- Il apparaît souvent normal qu'un « beau meuble » coûte cher ; de ce fait, peu d'efforts sont mis en œuvre pour concevoir à des coûts « juste nécessaires ».
- Les solutions d'ajustement dimensionnel sont encore réalisables après les premières opérations d'assemblage (et, historiquement, se faisaient à ce moment ... car le « bois est une matière vivante »), aussi les efforts de calculs mécaniques, de calculs dimensionnels, de maîtrise des processus de fabrication et d'assemblage ne sont-ils pas toujours suffisants.

Ainsi, la mise en œuvre du concept de DFMA dans l'industrie de l'ameublement doit prendre en compte certaines contraintes : les hommes et leurs habitudes, le parc machines, les volumes de production, les techniques d'assemblage et de liaisons de composants standardisées et maîtrisées dans l'entreprise concernée.

3. La création d'une ligne de meubles créoles

A l'initiative de la Chambre des Métiers de la Réunion, un « challenge créativité » a été mis en place en 1998. Des élèves ingénieurs de l'ENSTIB y ont participé, et un groupe de 4 étudiants de 2ème année a été lauréat et a pu ainsi visiter et rencontrer les entreprises pour lesquelles ils avaient oeuvré.

Il s'agissait de créer une ligne de produits, c'est à dire un ensemble de mobiliers meublant un espace de l'habitat. Nous l'illustrerons plus particulièrement par des meubles de salon. Le cahier des charges initial ne présentait que deux familles de critères : d'esthétique et de moyens de fabrication. L'esthétique devait rappeler la culture créole et les critères spécifiés permettaient de donner du sens aux lignes générales de design (canne à sucre, tabac, vieux rhum, pirates, mer...). Par ailleurs, quatre entreprises (PME de moins de 50 salariés) étaient concernées et leur parc machines était donné (chacune de celles-ci devait de spécialiser sur un espace d'habitat).

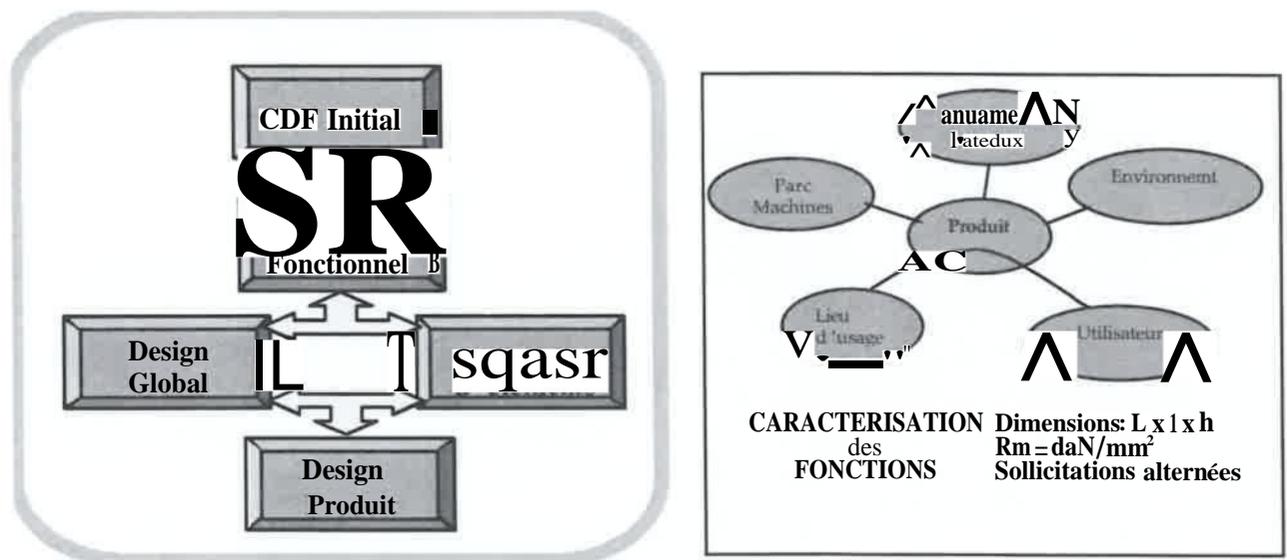


Figure 2 : Le processus de conception

Pour la conception les étudiants ont donc utilisé un processus de type DFMA. A l'aide de l'analyse fonctionnelle (NFX50-150), le cahier des charges fonctionnel (CDCF) a été spécifié. Celui-ci induit non seulement de faire la liste des fonctionnalités des produits, mais de plus, d'établir la liste exhaustive des critères techniques limitant la réalisation des produits (critères dimensionnels, résistance des matériaux, durabilité, montabilité-démontabilité ...)

A l'issue de cette première étape, une étude design global a été réalisée, d'une part, et d'autre part, une liste des « solutions élémentaires capables » de liaisons, d'assemblage, d'usinage pour l'entreprise concernée a été établie en prenant en compte le critère de coût.

Les parcs machines des entreprises qui devaient réaliser les produits étant connus... et limités, une analyse des usinages possibles a été faite. Toutes les formes élémentaires des composants devront pouvoir être fabriquées par les entreprises.

USINAGE	MACHINE OUTIL
Débiter – scier	Scie radiale Dewalt
Dégauchir	Dégauchisseuse SCM 410mm
Raboter	Raboteuse SCM 520mm
Tenormer	Toupie Chambon avec table à tenonner
Mortaiser	Mortaiseuse à chaîne et à bédane
Percer	Perceuse sur colonne ou multibroche (21)
Tourner	Tour Bezombes avec copieur
Rainurer	Toupie Chambon
Poncer	Ponceuses à cylindre D 80mm, à bande 920mm

Du point de vue mécanique, on a pris soin de vérifier la résistance des composants aux sollicitations. Par exemple, les pièces tournées de support d'assise ont été modélisées par un logiciel de calcul de résistance mécanique, PROFILE, pour une charge de 110Kg. On a obtenu une flèche de 5,5 mm et une contrainte maximale en flexion de 42 Mpa alors que la contrainte en rupture donnée par la norme était de 199 Mpa , d'où un coefficient de sécurité de 4,7.

Afin de faciliter le transport, les meubles devant être vendus en métropole, les volumes et les modes de conditionnement ont été optimisés.

Sur cette base de contraintes, des solutions de design produit ont été élaborées. Pour chaque liaison des calculs ont été menés pour déterminer les outils d'usinage, les accessoires de liaison-fixation entre composants. Ci-contre la figure montre un assemblage technique élémentaire concernant la liaison « montants/traverses » du fauteuil.

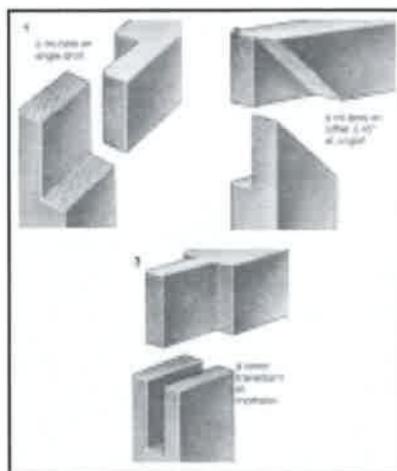


Figure 3 : Les liaisons « Montants/Traverses »

Le bois devant résister aux agressions énumérées dans la fonction F2 (variation d'humidité : 80 % localement, de température : 50°C pendant 2mn, résistance aux UV pendant 3 ans...), les essences proposées ont été Pau amarello, Dibetou, Moabi, Douka, Palissandre, Orme et Bouleau. Ce choix a été aussi justifié par le fait que ces essences permettaient de réaliser les alternances bois foncé - bois clair concrétisant les couleurs tabac et vanille. Le bois privilégié parmi ceux-ci a été le moabi qui présente une couleur brune très chaude, un contrefil léger, une densité élevée donnant un sentiment de robustesse, des caractéristiques mécaniques élevées (module d'élasticité en flexion 17000N/mm²), des possibilités de collage et de finition très bonnes, une usinabilité excellente avec des outils en carbures de tungstènes et enfin un prix modéré (3800 F/m³ en plot).

Les illustrations ci-contre et ci-dessous montrent sur ces « éclatés », les différents éléments qui ont fait l'objet de calculs et d'analyse de faisabilité.

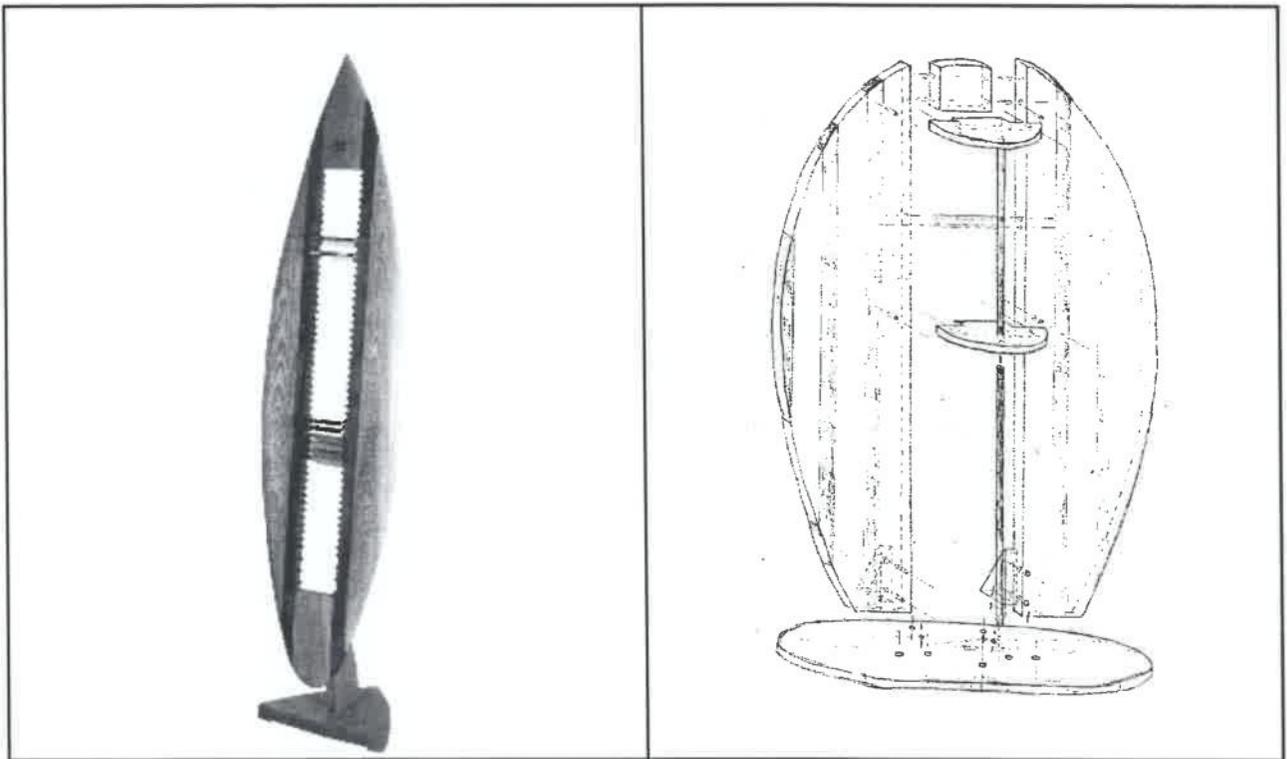


Figure 5 : Range CD Produit final

Design produit initial

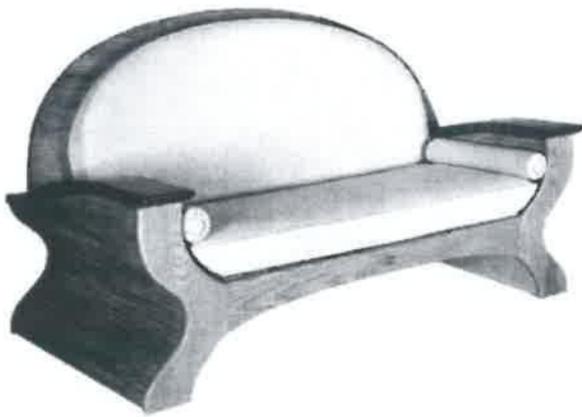
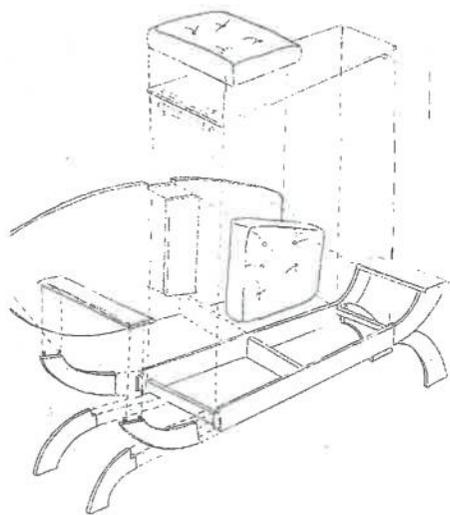


Figure 6 : Produit final



Design produit initial

4. Conclusion

Cette étude de cas ne serait pas particulière si elle ne s'appliquait pas à ce contexte de l'industrie de l'ameublement. En effet, les contraintes induites par ce milieu de PME font évoluer d'une manière sensible les pratiques que l'on rencontre dans les autres corps de métiers. Le fait le plus marquant sur lequel nous souhaiterions conclure est ce compromis primordial entre un critère d'esthétique très fort et des moyens techniques très limités qui conduirait, sans réflexion préalable conduite par une méthodologie fonctionnelle de conception de produit, à des coûts de production et de distribution extrêmement élevés.

5. bibliographie

- Al-Obaidi et Pitts - « Using an analogues approach to the selection of bought-in-componants »- Journal of engineering design, Vol 6, N°2, pg 107 -1995.
- Fujimoto - « Organisation for effective product development : the case of the global automobile industry » - PhD thesis, Harvard University, Graduate School of business administration, Boston, 1989.
- Homen De Mello - « Task sequence planning for robotic assembly » - PhD thesis, Carnegie - Kedefors et Eklöf - « Managing tool supply in assembly of complex products » - Actes du 6ème congrès international de management de la technologie, Göteborg, pg 730 - 1997.
- Lochner et Matar - « Conception de la qualité : les plans d'expériences » - Afnor - gestion - 1992.
- Luttrupp - « design for disassembly and eco-forecast - A tool for interaction between management and design » - Actes du 6ème congrès international de management de la technologie, Göteborg, pg 348 - 1997.

Mellon University, Pittsburgh, PA, 1989.

Miles - Première proposition de méthode de « Value Analysis » à General Electric - 1947.

Otis - « Design for manufacturing and assembly » - Actes du 4ème congrès international de management de la technologie, Miami, pg 1095 - 1994.

Popplestone, Liu et Weiss - « A group theoretic approach to assembly planning » - AI Magazine, pg 83, 1990.

Redford et Chal - « Design for assembly » - Me Graw-Hill Book Company - 1994.

Thomas et Triboulot - « Conception d' un habitat social » - Revue La Valeur - N°76, pg 27 - 1998.