



### **Science Arts & Métiers (SAM)**

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>  
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/10039>

#### **To cite this version :**

Julien GARDAN, Lionel ROUCOULES - Représentation virtuelle d'un produit dans le processus de conception centrée utilisateur : Cas d'un seau à champagne - In: Congrès Français de Mécanique 2013, France, 2013-08-26 - Congrès Français de Mécanique 2013 - 2013

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : [scienceouverte@ensam.eu](mailto:scienceouverte@ensam.eu)



# Représentation virtuelle d'un produit dans le processus de conception centrée utilisateur : Cas d'un seau à champagne

J. GARDAN<sup>a</sup>, L. ROUCOULES<sup>b</sup>

a. AZTECH, Recherche et développement d'identification de nouveaux produits et procédés, Spécialisation Prototypage Rapide, 4 place Henri Manceau, 08390 Marquigny (France),  
Email : [julien.gardan@aztech-innovation.com](mailto:julien.gardan@aztech-innovation.com)

b. Arts et Métiers ParisTech, CNRS,  
LSIS,2, cours des Arts et Métiers, 13617 Aix-en-Provence (France), Email : [Lionel.Roucoules@ensam.eu](mailto:Lionel.Roucoules@ensam.eu)

## Résumé :

*La réalité virtuelle 3D évolue vers une représentation de plus en plus réaliste d'environnements ou de produits. Cette représentation virtuelle peut être enrichie de différentes informations métiers et tendre vers un modèle intermédiaire permettant d'interpréter certaines problématiques en amont de la conception. L'article présente une étude de cas au sein d'une PMI PME fabricant des produits haut de gamme par injection plastique dans le domaine de l'art de la table. Dans la plupart des cas, un designer fournit un croquis du produit avant de lancer l'étape de conception propre au métier de la plasturgie. Les itérations entre le concepteur et le designer sont basées sur des échanges souvent causés par ce que l'on appelle la diversité de forme du produit. D'un côté, le designer propose une forme et des fonctionnalités, et de l'autre, le concepteur propose une adaptation réalisable en intégrant des règles métiers. Ceci engendre des échanges entre une sensibilité esthétique et une sensibilité technique. Le design d'origine se transforme en modèles alternatifs pour trouver un compromis entre aspect et fabricabilité du produit. Cet article aborde l'apport de la représentation virtuelle d'un produit pour traiter les problèmes de diversité de formes et de perception des contraintes de fabrication tout en prenant en compte l'aspect usage à travers la conception centrée utilisateur. Cette représentation est utilisée comme support décisionnel dans le processus collaboratif. Nous proposons de présenter la méthodologie appliquée à la réalisation d'un seau à champagne design et l'intérêt d'utiliser le prototypage rapide pour valider certaines fonctionnalités.*

## Abstract :

*The Virtual Reality evolves towards more realistic representation of product. This virtual representation can be enriched with trades information and tend to an intermediate model to analysis some design problems. The article presents a case study in plastic injection in the domain of high quality tableware. It discusses the contribution of the virtual product representation in the forms diversity and use of user-centered design. This representation works on a decision support in the collaborative process. We propose to present the methodology used to realize an esthetic champagne bucket and the benefits of rapid prototyping to validate of features.*

**Mots clefs:** Design, imagerie 3D, réalité virtuelle, conception centrée utilisateur, ergonomie, DFM, perception, simulation, prototypage rapide.

## 1 Introduction et contexte

La société AZTECH est spécialisée en conception de produits à travers son activité en ergonomie, design et ingénierie numérique. Elle s'étend jusqu'à la représentation virtuelle de produits grâce à des prototypes virtuels liés à son activité imagerie et animation 3D. AZTECH est principalement orientée vers la recherche de nouveaux produits ou procédés. Elle collabore depuis plusieurs années avec l'Université de Technologies de Troyes et le CER d'Aix-en-Provence d'Arts et Métiers ParisTech sur des thématiques complémentaires notamment l'émergence de produits personnalisés et le prototypage rapide. Dans le cadre de ses prestations, la société AZTECH travaille pour une PMI PME fabricant de produits haut de gamme dans le domaine de

l'art de la table. Ce paragraphe aborde l'apport de la représentation virtuelle d'un produit pour traiter les problèmes de diversité de forme. Dans la plupart des cas, un designer fournit un croquis du produit avant de lancer l'étape de conception-fabrication propre au métier de la plasturgie. Les itérations entre le concepteur-fabricant et le designer sont basées sur des échanges souvent causés par ce que l'on appelle la diversité de forme du produit. D'un côté, le designer propose une forme, et de l'autre, le concepteur propose une adaptation réalisable en intégrant des règles métiers de la fabrication. Ce qui engendre des échanges entre une sensibilité esthétique et une sensibilité technique.

Une représentation virtuelle ou une maquette réaliste du produit permet de valider cet aspect esthétique tout en intégrant l'impact de la conception et de la fabrication. Les délais se réduisent notamment au niveau des prises de décision. La réalité virtuelle 3D est capable d'incorporer des modèles techniques et des matériaux réalistes pour devenir un support dans la représentation intermédiaire du produit.

De nombreux domaines utilisent des méthodes centrées sur l'utilisateur pour intégrer en amont des choix de conception adaptés aux utilisateurs. Il est constaté que la prise en compte des utilisateurs et de ses perceptions est primordiale pour la conception [6, 8]. La fabricabilité du produit étant aussi déterminante, plusieurs paramètres intrinsèques, liés au procédé, viennent s'ajouter au processus de conception. Cette connaissance liée au procédé de fabrication est difficilement perceptible par les utilisateurs finaux « grand public ». Nous introduisons la démarche de conception étudiée à travers la figure 1 (Fig.1). L'usage du produit par l'utilisateur final est au cœur du cheminement.

Le travail proposé dans cet article s'attachera à une étude appliquée d'une chaîne de conception pour la fabrication DFM (Design For Manufacturing) adaptée à certains produits « grand public » sur un cas industriel. Les principaux concepts (mode de conception, cohérence de la chaîne numérique, méthodologies générales ...) seront mis en exergue.

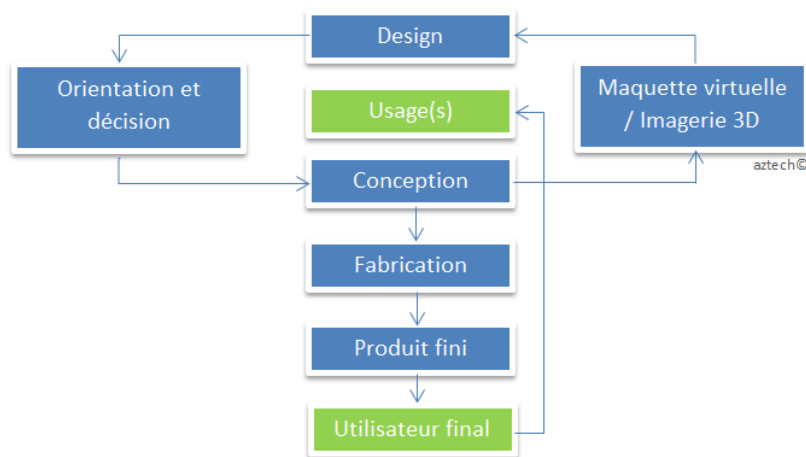


FIG. 1 – Illustration de la démarche de conception et fabrication

## 2 Conception centrée utilisateur

Le problème actuel lors de la création de produits n'est plus seulement de les mettre le plus rapidement possible sur le marché, mais aussi de faire en sorte de réduire le délai de leurs acceptations par l'usager et de faciliter cette acceptation. Il faut donc pouvoir anticiper pour proposer un produit correspondant aux attentes de futurs clients. Cette anticipation amène les fabricants à répondre à des besoins fonctionnels variés par des réponses individuelles [10]. Il en est advenu un marché de plus en plus segmenté dans lequel les fabricants se doivent d'innover et d'adapter chaque produit aux besoins spécifiques de chaque client. Nous constatons que pour encadrer la conception d'un système interactif (Site Internet, logiciel, etc...), les développeurs informatiques utilisent la norme *ISO 13407 : Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs* (appelé également conception centrée utilisateur (CCU)). L'utilisation de cette norme permet de considérer les utilisateurs et leurs besoins tout au long du processus de conception du système interactif. Cette norme est une référence en vue de concevoir des dispositifs bénéficiant d'une bonne utilisabilité. Les différentes étapes de cette norme sont :

- la planification du processus de conception centrée sur l'opérateur humain ;
- la compréhension et la spécification du contexte d'utilisation ;

- la compréhension et la spécification des exigences utilisateurs et organisationnelles ;
- la production de solutions de conception ;
- l'évaluation des solutions au regard des exigences prédéfinies ;
- la vérification du système vis-à-vis des exigences de l'utilisateur et de l'organisation (fin du cycle itératif ou incrémentation).

Pour mener à terme la conception d'un système interactif, un cycle itératif est effectué jusqu'à ce que le système réponde aux besoins. L'objectif de notre approche est d'adapter cette analyse dans la conception de produits physiques centrée utilisateur. Pour cela, il faut pouvoir intégrer les choix du consommateur le plus tôt possible dans le processus de conception. Cependant, cette étape nécessite de comprendre le cheminement décisionnel de l'utilisateur.

## 2.1 Définition d'un utilisateur

Nous pouvons définir dans cette partie le consommateur comme utilisateur final du produit. Selon Danielle Quarante [9] le concept de « design » contient une double notion : à la fois ce qui peut se projeter, se programmer, se préparer à l'avance et à la fois ce qui peut trouver une forme concrète, être un dessin, un modèle, un plan. Le grand public ne reconnaît que la deuxième notion (dans l'industrie, le design est perçu comme une activité technique permettant de trouver des solutions, ce qui est similaire à la notion de « conception »). Le concept d'utilisateur final se réfère ici à deux types :

**L'utilisateur final réel**, c'est à dire qui utilisera l'objet de façon personnelle ou professionnelle après son lancement.

**L'utilisateur final potentiel**, qui présente les mêmes caractéristiques que celles de la cible prévue. Il faut faire intervenir des participants représentatifs d'un type spécifique de cibles qui peut être représenté par une communauté.

Pour avoir une vision globale et pour arriver à donner forme à un produit, un chef de projet a besoin d'une approche multidisciplinaire (le design, l'ergonomie ou le marketing), où l'attente du consommateur sera un maillon déterminant dans l'ensemble du processus. En partant de cette caractérisation « le rôle du chef de projet est de tout prévoir dans la mesure du possible, afin que rien ne soit abandonné à l'aléatoire » [9]. Nous retrouvons un ensemble de tâches impactant le produit qui doivent être optimisées pour réduire le développement d'un système [7], de la création jusqu'à la fabrication du produit en passant par son merchandising.

## 2.2 Processus de conception de produit centrée utilisateur

Vadcard considère le processus de conception comme une transformation depuis l'idée jusqu'à un produit [13]. D'autres chercheurs publient sur le fait que le processus de développement de produits consiste à engager les activités (et les tâches) et les services (les métiers) juste nécessaire à la création et l'élaboration du produit [11]. Nous pouvons détailler le processus de conception centrée utilisateur (ou conception anthropocentrée) afin de mettre en évidence la prise en compte du consommateur. Ce processus peut être décomposé en plusieurs phases selon [6] et [1].

**Une phase de traduction du besoin**, lors de cette première phase du processus « la traduction du besoin », le besoin doit être identifié, exprimé puis validé par le fabricant. Pour cela plusieurs méthodes peuvent être utilisées afin de réaliser le cahier des charges fonctionnel.

**Une phase d'interprétation du besoin**, des choix et orientations en fonction de la stratégie du fabricant sont élaborés. Pour ce faire, une recherche de concept, d'esthétique, d'usage et technologique est effectuée en réalisant une veille.

**Une phase de définition de produits** pour faire travailler ensemble les responsables de la conception afin d'aboutir à un dossier produit qui servira de base à la construction d'un prototype reproductible industriellement.

**Une phase de validation du produit** qui est la dernière étape du processus de conception. Son objectif est de valider la conception du produit en construisant un modèle ou prototype reproductible industriellement. La conception centrée utilisateur (CCU) impose que le développement du produit soit guidé par les besoins des utilisateurs plutôt que par les possibilités technologiques. La CCU en tant que processus de développement inclut un ensemble de méthodes spécialisées, destinées à recueillir des entrées

utilisateur et à les convertir en choix de conception. Si pour l'utilisateur un produit est un moyen de satisfaire un besoin<sup>1</sup>, pour l'entreprise, un produit est le fruit d'un (ou de plusieurs) processus. Des critères technologiques liés au savoir-faire et aux ressources disponibles déterminent la capacité du produit à être fabriqué dans des conditions conformes au cahier des charges. Ainsi, différents acteurs influencent directement ou indirectement le processus de conception : les concepteurs, les décideurs, les financiers et les services de commercialisation en amont ; et les fabricants en aval [12]. Ce processus accentue la nécessité d'intégrer au plus tôt les méthodes et les outils de travail collaboratif.

Naturellement, le déroulement de la conception se fait surtout en fonction de la nature et du domaine du problème. Ainsi, tous les processus de conception ont leurs particularités et donc leurs propres visions du processus de conception. Dans tous les cas, l'objectif principal est de partir du besoin pour en obtenir la définition d'artefacts<sup>2</sup>, ce qui nécessite une étape intermédiaire : l'analyse fonctionnelle.

### 3 Représentation virtuelle du produit

La représentation virtuelle d'un produit est un support visuel dans notre démonstration, mais également une nécessité pour vulgariser l'approche technique. La Réalité Virtuelle est présentée comme un outil d'aide à la décision en milieu industriel, mais aussi comme un facteur nécessaire auprès des futurs utilisateurs de produits [2]. La visualisation des difficultés techniques et la diversité de formes sont perceptibles plus facilement à travers un produit intermédiaire réaliste. La représentation virtuelle est un point de départ pour mettre en forme une création comme une ébauche d'un nouveau produit. Le point commun entre ces différentes sections est le produit numérique qui subit différentes phases de conception sous une représentation virtuelle nourrie de connaissances très diversifiées. Ce cycle est profondément impacté par l'utilisation du produit qui doit provenir d'un besoin propre aux usagés.

La collaboration entre les acteurs est principalement gérée par la représentation virtuelle du produit. La représentation virtuelle d'un produit intermédiaire facilite la convergence multidisciplinaire [5].

### 4 Étude de cas : Seau à champagne

Cette étude de cas vise à formaliser notre démarche de création d'un produit à travers un exemple concret tout en spécifiant l'importance ou la place de la réalité virtuelle.

#### 4.1 Imaginer un design et concevoir des fonctionnalités

Le point de départ d'un produit passe par une phase de création. Cette phase est plus ou moins complexe à cause du cheminement qu'elle peut prendre. Elle peut revêtir différentes formes comme la création d'un produit totalement original qui proviendrait de sa propre imagination ou par d'autres techniques comme le mimétisme de formes déjà existantes. C'est une phase qui ne doit subir aucune contrainte mais qui doit également correspondre à un besoin car l'objectif est d'obtenir un produit réaliste et commercialisable.

La proposition du design du seau à champagne passe par deux contraintes :

- une contrainte économique et géographique dans le cas de la société AZTECH : la région Champagne-Ardenne ;
- une contrainte de proposer un produit original.

La forme du produit repose sur objet existant qui pourrait ressembler à un seau si nous le retournons. Nous sommes partis d'un chapeau Napoléon (figure 4) pour en extraire des courbes basiques facilement exploitables.

---

<sup>3</sup> L'Afnor (l'association française de normalisation) définit le besoin comme ceci : « Nécessité ou désir éprouvé par un utilisateur. » [NF X 50-150, 1990]. Il peut être explicite ou implicite, existant ou potentiel [www.afav.eu].

<sup>2</sup> Un artefact représente tous documents (modèle, graphique, procédure, ...) identifiés au sein d'un processus.

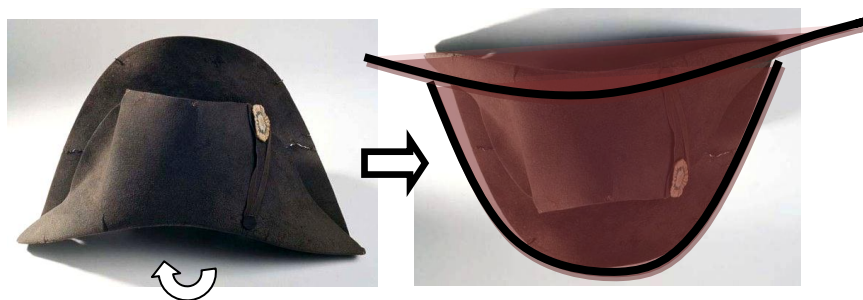


FIG. 4 – Exemple Chapeau Napoléon.

À partir de cette première ébauche et des premiers éléments géométriques, le concepteur obtient plusieurs formes de seaux (figure 5). Ces formes ont été remodelées pour correspondre à une tendance qui a été évaluée à travers une recherche d'antériorité sur les seaux à champagne existants (Dessin et Modèles).

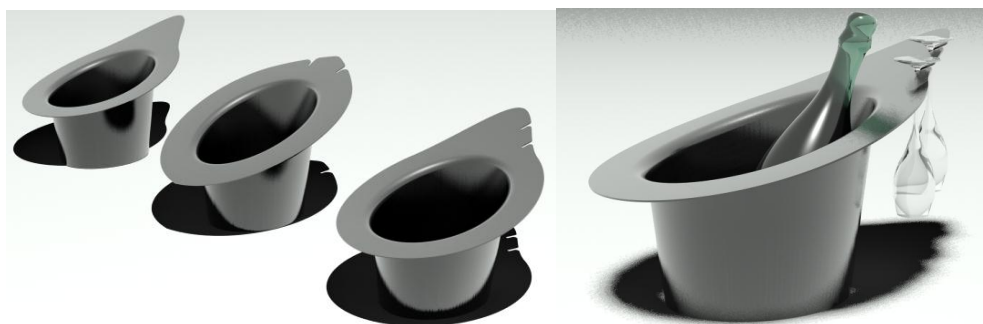


FIG. 5 – Première diversité de formes design. FIG. 6 – Ajout de fonctions induites : porter des flûtes

Les fonctions qui ont été ajoutées au modèle peuvent être définies sur la base de :

- fonctions courantes déjà existantes: contenir une bouteille de champagne, tenir sur une table ;
- fonctions induites : porter des coupes de champagne, c'est-à-dire une fonction réciproque qui peut créer un besoin et devenir indispensable (partagé par tous).

Cette fonction induite est basée sur un constat et liée à l'observation de l'usage de produits équivalents. Nous pouvons observer qu'un seau à champagne est souvent proposé sur un plateau qui porte également des coupes ou flûtes (qui peuvent être également portées séparément par un serveur). L'utilisation d'un plateau est une fonction supplémentaire que nous pouvons définir comme contraignante en terme d'utilisation (c'est un objet supplémentaire à manipuler) et de coûts additionnels. Une réponse a été apportée en ajoutant des encoches au seau pour trouver un emplacement adapté (figure 6) et augmenter son ergonomie.

Le constat apporté à cette section, est un élément à la portée d'utilisateurs qui ne perçoivent pas les aspects techniques de conception et de fabrication du produit mais qui peuvent apporter une expérience. La définition de profils utilisateurs capables d'agir sur la définition d'un produit pour l'émergence de produits « grand public » est un sujet abordé dans la thèse [3]. L'importance du prototypage rapide pour valider les fonctionnalités et l'esthétisme du produit est détaillé dans un guide « introduction au prototypage rapide par ajout de matière ». Dès la phase de création du design plusieurs règles métiers liées à la plasturgie influencent également la forme du produit.

## 4.2 Implication de la fabricabilité en conception

Après avoir déterminé la forme d'un produit qui peut être influencée par une approche subjective propre aux choix du concepteur [4] (orientations et décisions), nous intégrons en amont dès la phase de conception des règles métiers propres à la plasturgie (approche DFM). Nous n'allons pas détailler les différentes données liées aux règles métiers comme les dépouilles ou l'influence du plan de joint, mais montrer principalement l'influence du procédé sur la forme du produit. Nous avons réalisé une simulation d'injection plastique pour valider le remplissage du seau à champagne (FIG 7). La simulation montre que l'injection du matériau jusqu'à l'extrémité de la forme est particulièrement délicate. La forme doit être modifiée pour être

complémentaire au procédé de fabrication. Nous obtenons une deuxième phase de diversité du produit qui doit être ajusté par rapport au design d'origine. La modification est réalisée en ajustant la forme jusqu'à une tolérance de fabricabilité sans rentrer dans la zone fonctionnelle du produit (zones en pointillée).

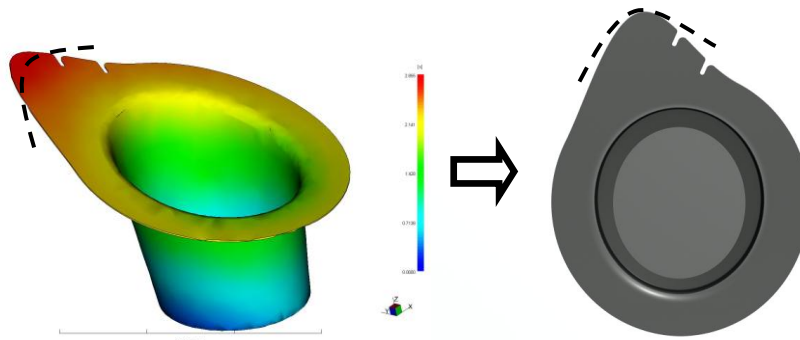


FIG. 7 – Deuxième diversité de formes de fabrication

## 5 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons présenté la place de l'utilisateur dans la conception de produits et la nécessité de sa représentation virtuelle pour analyser les diversités de formes lors de la phase de création jusqu'à la phase de pré-industrialisation. La représentation virtuelle permet de vulgariser l'approche technique du produit pour que l'utilisateur final puisse se projeter sur une forme de produit qui lui conviendrait. Nous spécifions deux diversités de formes liées à l'étape de création et de design, et l'étape de conception par la fabrication. L'intérêt technique est basé sur la représentation virtuelle esthétique tout en intégrant de nouvelles fonctionnalités au produit dès la phase de création. Dans notre approche, la fabrication du produit est traitée en même temps que la phase de conception. Notre démarche peut être automatisée à travers l'utilisation de représentations multiples pour comparer la diversité topologique du produit et identifier des conflits potentiels entre fonctions et fabrication.

## References

- [1] Aoussat, A. 1990. La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle. *Paris ENSAM*. (1990).
- [2] Fischer, X. and Troussier, N. 2004. La Réalité Virtuelle pour une conception centrée sur l'utilisateur. *Mécanique & industries*. 5, 2 (2004), 147–159.
- [3] Gardan, J. 2011. *Application à l'usage d'un dérivé du bois en prototypage rapide pour l'émergence de produits "grand public"*. Thèse UTT.
- [4] Girard, P. 2001. Analyse des décisions en conception. *Techniques de l'ingénieur, traité L'entreprise industrielle*. AG2220, (2001).
- [5] Guerlesquin, G., Mahdjoub, M., Bazzaro, F. and Sagot, J.C. Virtual reality as a multidisciplinary convergence tool in the product design process. *Journal of Systemics, Cybernetics & Informatics, Vol. 10 Issue 1, p51*. 2012.
- [6] Mantelet, F. 2006. Prise en compte de la perception émotionnelle du consommateur dans le processus de conception de produits. *Thèse LCPI, ENSAM, CER Paris*. (2006).
- [7] Petiot, J.F. and Furet, B. 2010. Product, process and industrial system: innovative research tracks. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 4, 4 (2010), 211–213.
- [8] Poirson, E. 2005. Prise en compte des perceptions de l'utilisateur en conception de produit. Application aux instruments de musique de type cuivre. *Thèse IRCCyN, ECN, Université de Nantes*. (2005).
- [9] Quarante, D. 2001. *Éléments de design industriel*. Lavoisier. Genie & construction mécanique, (2001).
- [10] Tarondeau, J.-C. 1998. *Stratégie Industrielle*. Collection Gestion. Ed Vuibert, (1998).
- [11] Tollenaere, M. 1998. La gestion de données techniques. *Journée AIP-DS, Grenoble*. (1998).
- [12] Ullman, D.G. 2002. *The mechanical design process*. Collection Mechanical engineering, McGraw-Hill. Third édition ISBN 0-07-237338-5, (2002).
- [13] Vadcard, P. 1996. Aide à la programmation de l'utilisation des outils en conception de produit. *Thèse ENSAM*. (1996).