Caractérisation des produits remanufacturables

Miguel-Angel Lopez-Ontiveros, Peggy Zwolinski, Daniel Brissaud
Laboratoire Sols Solides Structures
BP 53
38041 GRENOBLE Cedex 9 France
E-mail:
miguel.lopez@hmg.inpg.fr
peggy.zwolinski@hmg.inpg.fr

Résumé

Nos recherches concernant les produits remanufacturés nous conduisent à identifier les différents aspects qui caractérisent la remanufacturabilité d'un produit. Deux niveaux d'analyse sont conduits concernant :

- un niveau externe au produit, pour lequel nous décrivons le contexte du remanufacturing,
- un niveau interne au produit, prenant en compte le process de remanufacturing.

L'objectif est de caractériser les produits remanufacturés afin d'intégrer la remanufacturabilité dès les premières étapes de la conception.

Abstract

Our researchers concerning remanufacturing products lead us to identify different aspects to characterize the product remanufacturability. We conduct two stages of analysis concerning:

- external aspects of the product, for which we describe the remanufacturing context
- internal aspects of the product, taking into account the remanufacturing process

The objective is to characterize remanufactured products, to integrate remanufacturability early in the design process.

1 Introduction

Aujourd'hui, la gestion des déchets et des volumes de produits en fin de vie est un véritable problème pour l'environnement. Pour répondre à ce problème, les gouvernements font pression sur les industriels afin qu'ils cherchent des stratégies pour permettre une récupération et une revalorisation des produits en fin de vie. Face à ces exigences législatives, les industriels sont amenés à intégrer de plus en plus les contraintes liées à la fin de vie des produits dans les processus de conception.

Les industriels et les chercheurs portent principalement leur attention sur le développement des produits avec recyclage des matériaux. Or, cet aspect recyclage des matériaux conduit à la récupération de matière première, mais fait perdre la mise en forme des produits et donc une grande partie de la valeur ajoutée qui est alors détruite au moment du recyclage. Une autre option, meilleure du point de vue de la réduction des impacts environnementaux, consiste en la réutilisation de composants ou en leur remanufacturing. Le remanufacturing a en effet comme principal but de prolonger le cycle de vie des produits en les détournant de la décharge et de préserver ainsi la valeur ajoutée lors de la conception et de la fabrication [13]. Ainsi, en gardant la forme des pièces et en conséquence la valeur ajoutée du produit, on peut diminuer l'extraction des matières premières [9].

Le processus remanufacturing peut comporter les étapes suivantes : l'assemblage, le désassemblage, les tests, la réparation, le nettoyage, l'inspection, la remise à neuf et le remplacement de composants. Une autre définition du remanufacturing peut être faite de la façon suivant : «Le remanufacturing est un processus dans lequel des quantités raisonnablement grandes des produits semblables sont emmenées à un service central et désassemblées. Les parties du produit ne sont pas maintenues au sein d'un même produit, mais des parties spécifiques du produit sont collectées par type, nettoyées et examinées pour leur réparation et réutilisation»[11][12]

D’une façon générale on peut dire que la réutilisation et le remanufacturing apportent les bénéfices suivants : Le remanufacturing non seulement réduit le gaspillage des matériaux ou la production des déchets mais économise aussi l’énergie et les consommables utilisés pendant la fabrication parce que les composants sont réutilisés. La réutilisation de composants déjà existants réduit dans une entreprise les dépenses pour la production ou l’acquisition des composants nouveaux.

Cette approche, peu développée en France, présente pourtant de nombreux avantages économiques et environnementaux pour les firmes qui la développe. L’industrie du remanufacturing traite une grande variété des produits et ceci pour de gros volumes, par exemple : des composants de moteurs, des produits de bureau, des compresseurs, de l’électroménager, des photocopieurs, des équipements de communication, des robots, etc. Aujourd’hui le remanufacturing présente un seul problème majeur : les processus de remanufacturing doivent être adaptés à un produit déjà existant car, dans la plus part de cas, les produits n'ont pas été conçus pour être remanufacturables. Des problèmes simples, qui auraient pu être résolus au moment de la conception du produit, se retrouvent alors au moment de la mise en place des process de remanufacturing, allant à l’encontre des bénéfices attendus, tant du point de vue financier que du point de vue environnemental.

En réponse à ce problème de prise en compte du remanufacturing dans la conception, nous cherchons dans cet article à identifier les critères qui vont caractériser la remanufacturabilité d’un produit. Cette première étape nous conduira par la suite à réfléchir à l’intégration de ces critères en conception.

2 Travaux actuels sur la caractérisation du remanufacturing

Au regard des bénéfices (économiques et environnementaux) liés à la pratique du remanufacturing, plusieurs chercheurs ont développé des travaux visant l’amélioration de la remanufacturabilité des produits et l’identification des facteurs caractérisant le remanufacturing.

Bras et coll. [4] ont défini les tendances actuelles du remanufacturing. Ils identifient trois facteurs ayant un impact sur le remanufacturing d’un produit : l’écologie, la législation, l’économie. Ils proposent une série de lignes directrices pour la conception de produit facilement remanufacturable : facile à désassembler, nettoyer, contrôler, remplacer et réassembler. Dans autre travail [3] Amezquita et coll. décrivent des critères pour caractériser qualitativement et quantitativement les processus de remanufacturing en considérant les aspects suivants : l’assemblage – le désassemblage, le contrôle – les tests et le nettoyage ou remise au niveau. Ils les appliquent sur le cas d’un appareil photo jetable.

Williams et coll. [13] concentrent leur travail sur deux types de produits : la cartouche de tonner et le téléphone portable. Dans une étude sur les déchets générés par deux entreprises qui font du remanufacturing de ces produits, les auteurs identifient une série de facteurs qui rendent les produits remanufacturables en précisant les raisons qui favorisent l’apparition de ces facteurs. Parmi ces raisons, les auteurs mettent en évidence que la prise en compte du remanufacturing au niveau de la conception du produit affecte directement le remanufacturing du produit.

E. Sundin et coll. [12] travaillent à partir d’une analyse sur la location de service des produits (selling service). Ils proposent que les produit destinés à la location de services soient conçus avec une vision remanufacturing. Ils décrivent quelques aspects à prendre en compte par les concepteurs pendant les premières phases du processus de conception du produit. Sundin [1] s’appuie en particulier sur les étapes du processus de remanufacturing afin de décrire les propriétés essentielles du produit pour un remanufacturing efficace.

A partir de ces travaux, nous pouvons dire que les propositions conduisent aujourd’hui à travailler sur un produit existant et à l’adapter à un processus de remanufacturing. On est typiquement ici sur une démarche « Design for X », avec tout ce que cela comporte en terme de difficulté d’intégration des recommandations pour un produit nouveau. Les réflexions menées ont comme principaux résultats un ensemble de propositions limitées à des modifications au niveau de la structure du produit. Quelques auteurs proposent bien des modifications sur certains critères au niveau de la conception du produit, mais uniquement pour des produits bien spécifiques.

Dans ce contexte, nous proposons dans un premier temps une caractérisation du remanufacturing avec une vision plus large basée sur la prise en compte de facteurs internes liés au choix de conception mais également basée sur la prise en compte de facteurs externes liés au contexte du remanufacturing. Nous proposons cette caractérisation du

remanufacturing avec comme objectif l'intégration du remanufacturing dans le processus de conception. Ainsi, la conception des produits remanufacturables se fera en adoptant un point de vue interne nécessaire lors des études détaillées, mais également un point de vue externe au produit qui permet de prendre en compte les besoins au niveau du marché. Ce dernier aspect, rarement pris en compte aujourd'hui par les concepteurs, leur permettra de réellement mener un travail de conception et non uniquement de correction.

Dans les sections suivantes nous décrivons les travaux développés pour la caractérisation d'un produit remanufacturé.

3 Caractérisation des produits remanufacturables

Pour caractériser un « produit remanufacturable », objet central de notre analyse, nous avons utilisé l'analyse fonctionnelle, qui par un ensemble de techniques permet de formaliser les besoins identifiés. Nous avons ainsi identifié, défini et quantifié les différentes contraintes auxquelles devra répondre le produit en cours d'étude. Nous avons ainsi examiné le concept de produit remanufacturable selon deux niveaux d'analyse : selon une analyse fonctionnelle externe qui considère les milieux extérieurs au produit et selon une analyse fonctionnelle interne qui détaille les aspects internes du produit.

3.1 Point de vue externe

L'analyse fonctionnelle externe nous a conduit à définir 4 milieux extérieurs au «produit remanufacturable » qui vont influencer sa conception (Fig 1) : le marché, les aspects économiques, les aspects environnementaux et les aspects technologiques. Ces différents milieux extérieurs ont été décrits afin de préciser les contraintes externes ayant une influence sur la remanufacturabilité du produit.

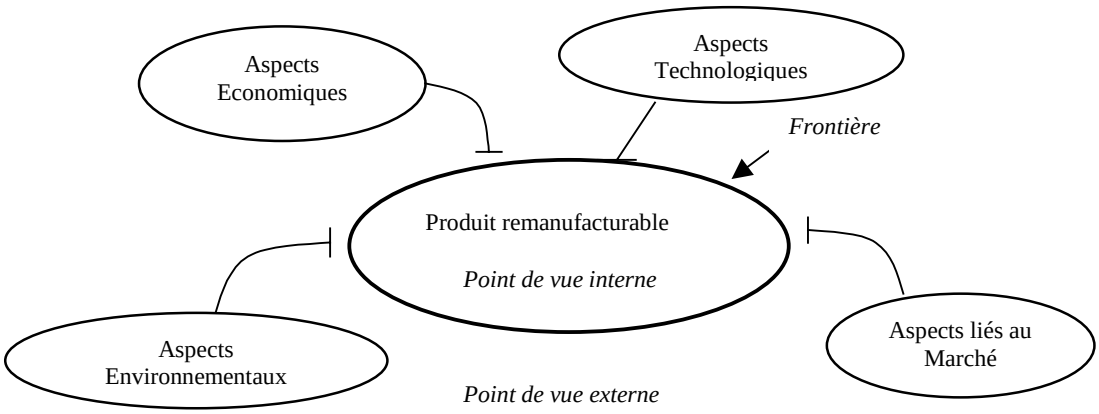


Figure 1 Milieu externe du produit remanufacturable

A noter que ces contraintes sont indépendantes des choix de conception au niveau du produit et de son processus de remanufacturing, ceux-ci étant pris en compte au niveau de l'analyse fonctionnelle interne.

Aspects économiques

Les aspects économiques vont permettre de définir l'ensemble des critères permettant d'évaluer la rentabilité du produit remanufacturable, le niveau de récupération de la valeur ajoutée des produits en fin de vie et les économies réalisées concernant la consommation d'énergie et de matières premières [10]. La définition de ces aspects économiques permet de valider la viabilité économique du produit remanufacturé, en mettant en évidence les différences entre un produit fabriqué et un produit remanufacturé.

Aspects technologiques

Plusieurs auteurs ont montré que les innovations et les avancés technologiques influencent aujourd'hui le remanufacturing des produits. En effet, certaines innovations peuvent rendre obsolète un produit remanufacturé, l'application de nouvelles technologies au produit rendant le produit remanufacturé démode au niveau de ses fonctions [7]. De plus, les changements dans la technologie d'un produit peuvent provoquer des problèmes quant à la substitution des composants lors de la remise au niveau du produit, les nouveaux composants pouvant ne pas être compatibles avec ceux des produits remanufacturés. La définition des aspects technologiques permet d'anticiper leurs évolutions probables. On peut ainsi évaluer dans quelle mesure ces changements de technologie vont intervenir au cours du cycle de vie du produit remanufacturable, afin d'en tenir compte au moment de la conception.

Aspects liés au marché

Aujourd'hui il existe de nombreux produits remanufacturés qui partagent le marché avec des produits neufs. Parmi les cas les plus représentatifs se trouvent les composants de voitures tels que les alternateurs et les démarreurs [2].

Un autre aspect du remanufacturing concerne les produit utilisés pour la location de service. Ce segment de marché présente un grand potentiel pour le remanufacturing des produits, car les produits remanufacturés sont très adaptés à cette situation pour lequel l'intérêt du consommateur se porte sur le service et non pas sur l'acquisition du produit [6]. L'exemple le plus répandu concerne les photocopieuses [5].

La définition du marché nous permet ici de définir le secteur à qui est destiné le produit et donc de préciser les besoins des acheteurs et des utilisateurs du produit selon le type d'acquisition.

CARACTERISATION DES ASPECTS TECHNOLOGIE		
PHOTOCOPIEUSE		
CATEGORIE	CARACTERISTIQUES	VALEURS
Développement et secteur industriel du produit	Cycle du vie industriel	Incubation
		Croissance technologique et diversité
		Croissance du marché et segmentation
		Maturité
		Déclin
	Niveau du secteur	Biens intermédiaires
		Biens de consommation
		Biens d'équipement
	Intensité technologique	**Haute**
		Moyenne-haute
		Moyenne-faible
		Faible
Mode d'utilisation du produit	Fréquence d'utilisation	Constante
		Discrète
	Localisation d'utilisation	Externe
		Interne
	Condition d'utilisation	Extrême
		Normale
	Fin d'utilisation	**Remplacement**
		Démodé esthétiquement
		Démodé fonctionnellement
		En panne
	Cycle de réutilisation	**5 années**
	Cycle de vie premier	**10 années**
	Cycle de vie secondaire	**??**
	Cycle de vie global	**??**
Technologie du produit	Niveau d'intégration	**Haut**
		Moyen
		Bas
	Typologie de technologie	Technologie de base
		Technologie Clé
		Technologie émergente
		Technologie embryonnaire
	Cycle de technologie	**5 années**
Développement et reconception du produit	Cycle de reconception	**2 années**
	Raisons de reconception	Demande du client
		Comportement de la concurrence
		Progrès scientifique
	Niveau de reconception	Innovation radicale
		Innovation progressive
		Innovation architecturale
		Innovation modulaire
	Compatibilité de la famille produit	**Forte**
		Moyenne
		Faible
	Nombre de produits par famille	**20 Produits**

Tableau 1 Caractérisation du contexte technologique

Aspects environnementaux

L'extraction de matière première et la quantité des déchets générés par le remanufacturing d'un produit sont significativement plus faibles que celles nécessaire pour l'obtention de nouveaux produits [3].

Selon ces deux paramètres, la stratégie du remanufacturing, pour les produits en fin de vie, est donc plus rentable du point de vue environnemental que le recyclage, et l'incinération des produits [8]. La définition des aspects environnementaux va permettre de mettre en évidence les bénéfices environnementaux que l'on peut avoir avec un produit remanufacturable en prenant en compte les ressources utilisées et les déchets générés tout au long du cycle de vie du produit

La définition des milieux extérieurs au produit a donné lieue à l'élaboration de tableaux (exemple pour un photocopieur : Tableau 1). Ces tableaux permettent une caractérisation fine de l'environnement du produit et donc des contraintes auxquelles il devra répondre. Cette caractérisation va directement influencer les critères de conception externes du produit que nous allons identifier lors de l'élaboration des profils produit présentés au paragraphe 4

3.2 Point de vue interne

Dans cette deuxième analyse, nous nous sommes concentrés sur les critères internes au produit remanufacturable. A ce niveau, le processus de remanufacturing est pris en compte, c'est à dire qu'il va falloir spécifier un produit qui puisse être désassemblé, nettoyé, dont les composants peuvent être réparés, restaurés ou remplacés dans leur fonction originelle et à un niveau de performance souhaité (Fig 2).

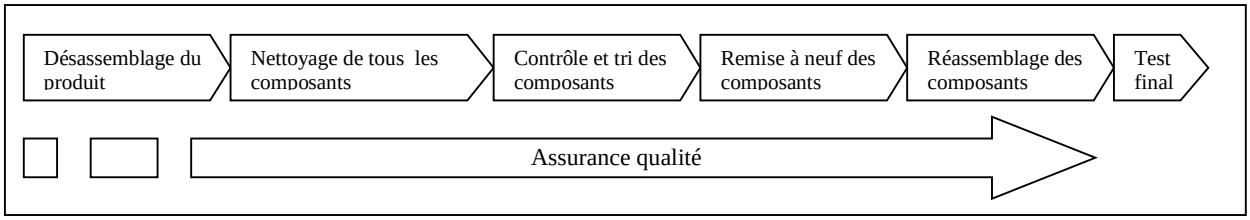


Figure 2 Les étapes clés du remanufacturing

4 catégories de critères ont été proposées afin de caractériser d'un point de vue interne un produit remanufacturé [14]. Les critères liés à :

STRUCTURE PRODUIT		
PHOTOCOPIEUSE		
CATEGORIE	CRITERES	VALEURS
Composants	Nombre de composants	**250 Pièces**
	Nombre de Modules	**7 Modules**
	Architecture produit	**Modulaire**
		Pas modulaire
	Dimension du produit	Grand
		Moyen - grand
		Petit
	Poids du produit	**246 kg**
Structure du produit	Nombre des fixations	??
	Fixations métalliques	Soudage
		Collage
		Rivetage Agrafage
		Sertissage
		Vissage
	Fixations plastiques	Soudage
		Collage
		Rivetage Agrafage
		Encliquetage
		Surmoulage
		Inserts
		Vissage
		Emmanchement
Assemblage Désassemblage	Nombre de connecteurs	??
	Type de connecteurs	??
	Emplacement	Visible
		Couvert
		Caché
	Déconnectabilité	**Non destructive**
		Destructive Entrainant la destruction d'autres pièces
	Accessibilité	Démontage Axial
		Accès axial
		Accès radial ou difficile
	Nombre d'assemblages	Très peu d'éléments assemblés
		Peu élevé
		Elevé
	Outillage	Désassemblage sans outils
		Outils universels
		Outils spéciaux

Tableau 2 Critères internes liés à la structure du produit

La structure du produit

Ici sont décrits un ensemble de critères qui permettent de caractériser l'aptitude du produit à être assemblé et désassemblé. On traite ici les aspects composants, l'architecture produit, les liaisons et les techniques et méthodes de désassemblage.

Aux tests qualité

Dans cette catégorie, on cherche à caractériser l'aptitude du produit et de ses composants à être testés, inspectés avant une remise à niveau ou une nouvelle utilisation.

A la remise au niveau

Dans cette catégorie, on cherche à caractériser l'aptitude des composants et des liaisons a être nettoyés, réparés et remis en état.

A la valorisation

Dans cette catégorie, on cherche à caractériser l'aptitude des composants à être valorisés du point de vue des matériaux et de l'énergie.

La définition des critères internes au produit a donné lieue à l'élaboration de tableaux (exemple pour un photocopieur : tableau 2). Ces tableaux permettent une caractérisation fine des fonctions attendues au niveau du produit.

4 Démarche pour la définition des profils de produits remanufacturables

Afin de caractériser les produits remanufacturables, nous cherchons à établir des profils de produits. Les profils vont être établis à partir :

- de la caractérisation fine des milieux extérieurs
- des critères liés au produit remanufacturé (critères externes et internes).
- d'une série d'exemple de produits actuellement remanufacturés avec succès.

Ils vont être constitués des critères internes et externes les plus significatifs, permettant de caractériser la remanufacturabilité.

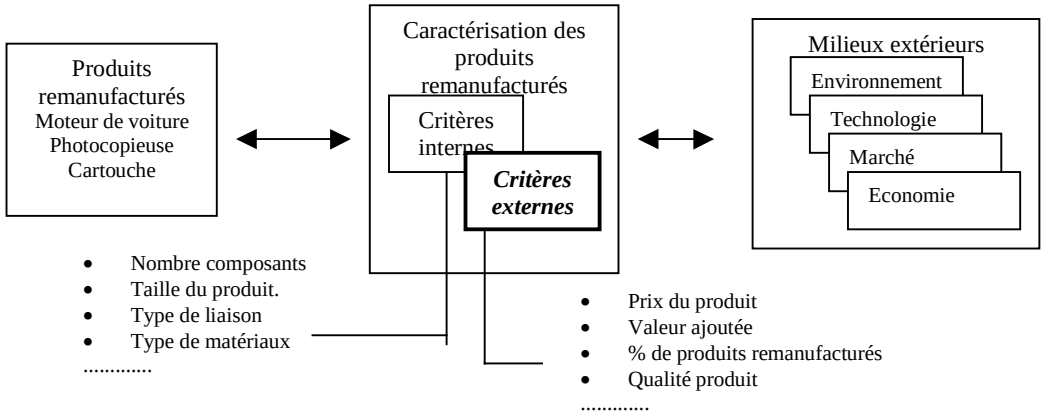


Figure 3 Données nécessaires pour la mise en place des profils produits remanufacturables

Pour identifier les critères internes et externes les plus significatifs, nous allons procéder en deux temps :

Dans un premier temps, nous considérons une série des produits remanufacturés, et les critères externes classiquement associés par les concepteurs de produits remanufacturés : le prix du produit remanufacturé, la valeur ajoutée en fin de vie, le pourcentage de produits remanufacturable sur le marché, etc… Parallèlement, nous allons caractériser les milieux extérieurs a chacun de ces produits afin de chercher à établir des relations entre les critères externes du produit et les milieux externes (Fig 4). L'objectif visé est d'établir quels sont les critères externes significatifs du point de vue du remanufacturing et quelles sont leurs relations avec les caractéristiques des milieux extérieurs

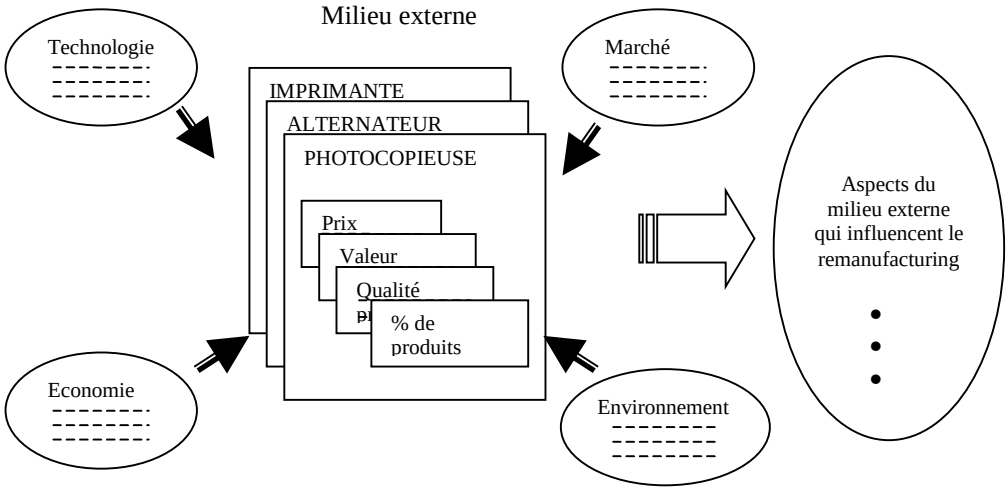


Figure 4 Caractérisation du milieu extérieur

Dans un deuxième temps, nous allons considérer les critères internes liés au remanufacturing et chercher à identifier s'il existe des relations entre ces critères internes et les critères externes précédemment mis en relation avec la caractérisation des milieux extérieurs.

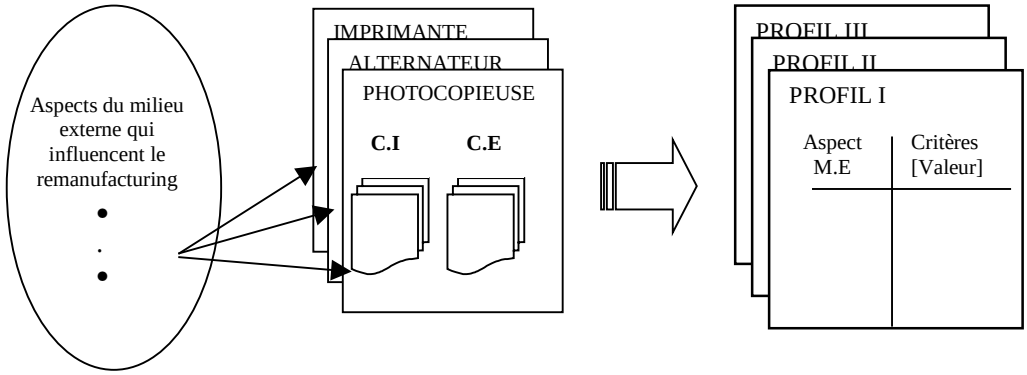


Figure 5 Définition des profils produits

Les résultats issus d'analyses statistiques permettront la définition les profils produits. L'objectif est de pouvoir utiliser ces profils comme base de travail en conception, lorsque seul le contexte est connu.

5 Conclusion

Nous avons caractérisé un produit remanufacturable à partir de l'utilisation d'une analyse fonctionnelle. Cette analyse nous a permis d'identifier les contraintes du produit à partir de deux niveaux : un niveau externe prenant en compte le contexte du remanufacturing et un niveau interne prenant en compte les aspects propres du produit et de son process de remanufacturing. A partir de la caractérisation des milieux extérieurs et des critères externes et internes liés au produit remanufacturé, nous avons établi une démarche pour la définition de profils de produits remanufacturables.

Ces profils produits nous semblent adaptés car dans le cadre du remanufacturing :

- Il faut intervenir au plus tôt dans le processus de conception sinon l'intégration des contraintes n'aura pas lieue, ce qui va faire perdre de l'intérêt à cette technique de valorisation.
- On est en phase de construction de connaissances dans le domaine du remanufacturing donc il n'existe pas d'experts pouvant intervenir très tôt au niveau de la conception.

Une fois ces profils en place, il s'agira de pouvoir les utiliser au plus tôt dans les projets de conception, lorsque seul le contexte lié au remanufacturing est connu.

Références

[1] **Sundin E.** « Product Properties Essential for Remanufacturing»Proceedings to 8th International Seminar on Life Cycle Engineering (LCE), Sponsored by International Institution for Production Engineering Research (CIRP), Varna, Bulgaria, 18-20 June, 2001, pp 171-179.

[2] **Hattori Y; Kawakami M; Hashimoto T.** « Re-manufacturing the apparatuses of end-of-life vehicles for saving energy and preventing environmental pollution » 5th World multicoference on systemics, cybernetics and informations. The 7th international conference on information system analysis and synthesis .July 22-25, 2001 Orlando Florida, USA.

[3] **Amezquita T; Hammond R; Salazar M; Bras B.** « Characterizing the remanufacturing of enginnering systems» Proceeding 1995 ASME Advances in design automatization conference, Boston,Massachussetts DE-Vol 82,Septembre 17-20, 1995, pp 271-278.

[4] **Bras B; Hammond R**. «Towards design for Remanufacturing-metrics for Assessing Remanufacturing»Proceedings of the 1st International Workshop on Reuse, S.D Flapper and A.J de Ron eds, Eindhoven, The Netherlands, November 11-13, 1996, pp.5-22

[5] **Kerr W.** « Remanufacturing and eco-efficiency » M.Sc.Thesis. Environmental Management and policy, International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE) Lund University,Swede, Sept 1999.

[6] **Oksana Mont** « Introducing and developing a Product- Service System (PSS) concept in Sweden » The international institute for industrial environmental economics. Rapport des activités 2001 The international Institute for industrial environmental economics

[7] **Rose C. M.; Ishii K; Stevels A.** « Influencing Design to Improve Product End-of-Life Stage », Journal for Research in Engineering Design , Vol 13 No 2, 2001.

[8] **Ritchey J ; Mahmoodi F ; Frascatore M ; Zander A.** «Assessing the Technical and Economic Feasibility of Remanufacturing » Proceedings of the 12th Annual Conference of the Production and Operations Management Society (POMS-2001), Orlando, Florida, March 30-April 2, CD-ROM, 2001.

[9] **Ferrer G**. «On the Widget Remanufacturing Operation» European Journal of Operational Research, Vol. 135, No. 2, 2001, pp.373-393.

[10] **Jacobsson N**. «Emerging product strategies – selling service of remanufactured products» Licentiate Dissertation at the International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), Lund University, Sweden. pp 42-45.

[11] **Sherwood M.; Shu L H**. «Supporting design for remanufacture through Waste- Stream Analysis of Automotive remanufacturers»Annals of CIRP Vol.49/1/2000.

[12] **Sundin E., Jacobsson N; Biorkman M.** . « Analysis of Service Selling and design for remanufacturing » Proceedings to IEEE international Symposium on Electronics and the Environment, San Francisco, CA, USA, 8-10 May, 2000, pp 272-277.

[13] **Williams J; Shu L,H.** « Analysis of remanufacturer waste streams for electronics products » Electronics and the Environment, 2001. Proceedings of the 2001 IEEE International Symposiumon,2001page(s):279-284

[14] **Lopez-Ontiveros M A ; Zwolinski P ; Brissaud D.** «Indicateurs d'analyse de la remanufacturabilité d'un produit » - 4th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, du 14 au 16 mai 2002, Clermont-Ferrand, France.