



HAL
open science

Stratégies d'Éco-conception : du produit vers le service

Ioana Deniaud, Christophe Lerch, Emmanuel Caillaud

► **To cite this version:**

Ioana Deniaud, Christophe Lerch, Emmanuel Caillaud. Stratégies d'Éco-conception : du produit vers le service. 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation (MOSIM 12), Jun 2012, Bordeaux, France. hal-00728671

HAL Id: hal-00728671

<https://hal.science/hal-00728671>

Submitted on 30 Aug 2012

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

STRATEGIES D'ECO-CONCEPTION : DU PRODUIT VERS LE SERVICE

Ioana DENIAUD, Christophe LERCH

BETA, CNRS UMR 7522
Université de Strasbourg
61, avenue de la Forêt Noire
F-67085 Strasbourg Cedex
deniaud@unistra.fr, lerch@unistra.fr

Emmanuel CAILLAUD

LGECO – INSA de Strasbourg
24, Bd. De la Victoire
67084 Strasbourg Cedex, France
emmanuel.caillaud@unistra.fr

RESUME : Dans cet article, nous nous interrogeons sur les caractéristiques des processus d'éco-conception en essayant d'abord de faire une synthèse des différentes définitions et typologies identifiées dans la littérature. Nous utilisons notamment la typologie en 4 catégories des stratégies d'éco-conception de Charter et Chick (Re-pair Re-fine, Re-design et Re-think) afin de mettre en évidence le fait qu'une démarche visant à écologiser un produit est susceptible de faire appel à une combinaison d'activités de résolution de problème de nature très différente. La variable que nous jugeons stratégique est le degré de reformulation du problème de conception initiale induit par la prise en compte des contraintes environnementales. Dans certains cas cette prise en compte n'a aucun impact sur le processus de conception initial, dans d'autres cas, l'existence même du produit est susceptible d'être remis en question. L'accent sera posé sur la problématique du passage du produit vers le service : la dématérialisation.

MOTS-CLES : éco-conception, innovation, développement durable, stratégies, organisation.

1 INTRODUCTION

Pour répondre aux exigences de développement durable beaucoup d'entreprises ont ressenti le besoin de revoir la conception de leurs produits et de développer leur capacité d'innovation pour en concevoir des produits écologiques.

Depuis le Rapport Brundtland (1987), le développement durable est défini comme « un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

Rappelons, au risque d'énoncer une évidence, que l'éco-conception reste avant tout de la conception. En effet, par définition l'activité de conception suppose une approche transversale. F. Taylor, par le passé, avait contribué à intégrer la contrainte économique dans la conception du produit et du travail, avec Toyota nous sommes passé à l'intégration de la contrainte qualité. Aujourd'hui on se propose d'intégrer les contraintes environnementales, (mais également sociales) dans la conception des produits.

L'éco-conception se définit plus spécifiquement comme « l'intégration systématique des considérations environnementales dans la conception du produit et de son processus de réalisation » en prenant en compte tout le cycle de vie du produit (Knight et Jenkins, 2009).

Dans cet article, nous focalisons notre attention sur les enjeux notamment en termes d'activité de résolution de problèmes liés à la prise en compte des contraintes envi-

ronnementales au sein du processus de conception de produit.

Dans un premier temps nous identifions les caractéristiques d'un processus d'éco-conception. Puis nous analysons les enjeux liés à la mise en œuvre des différentes stratégies d'éco-conception de Martin Charter (Re-Pair, Re-Fine, Re-Design, Re-Think) en termes de reformulation des problèmes de conception.

Comme nous l'avons montré dans un article antérieur, les processus visant à écologiser les produits sont susceptibles de faire émerger des problèmes spécifiques dont la résolution implique la mise en œuvre de solutions innovantes (Deniaud *et al.*, 2011a). Or de manière générale, la transformation du cahier des charges d'un produit impacte non seulement les aspects techniques liés au produit à concevoir, mais également les représentations cognitives des acteurs impliqués dans le processus de conception, ainsi que l'organisation même de l'entreprise mettant en œuvre ce processus (Belleval *et al.*, 2010). C'est pourquoi nous prêterons une attention particulière à ces trois dimensions lors de la mise en œuvre des processus d'éco-conception. La synergie entre les trois dimensions sera mise en exergue. Enfin des stratégies d'amélioration et d'évolution de l'éco-conception seront discutées. Ici l'accent sera mis sur la tendance de dématérialisation de produits dans la spirale de l'amélioration continue de produits éco-conçus.

2 LES CARACTERISATIQUES DE L'ECO-CONCEPTION

Même si l'éco-conception reste avant tout la conception, un processus d'éco-conception a-t-il des caractéristiques propres ? Nous avons identifié plusieurs éléments spécifiques liés à la prise en compte de la contrainte environnementale dans la conception du produit :

1) Cycle de vie du produit : le problème de conception doit être reformulé en tenant compte de l'ensemble du cycle de vie, à partir de l'extraction des matières premières jusqu'au démantèlement / destruction du produit (Knight et Jenkins, 2009). Luttrupp (2006) a défini « Les dix règles d'or » associées au cycle de vie du produit. Ces règles concernent : la toxicité, la consommation d'énergie avant/pendant l'utilisation, le poids, la mise à jour et la maintenance, la durée de vie, la protection, le recyclage et l'aspect système.

2) Système ouvert : le nombre de parties prenantes concernées est très important comme le montre O'Connor (2001) :

- parties prenantes utilisatrices ;
- parties prenantes productrices (impliquées dans le processus de réalisation) ;
- parties prenantes « potentiellement concernées » : ONG écologie, société en général ;
- parties prenantes fournisseurs de matières premières ;
- parties prenantes qui concernent le démantèlement/ destruction du produit.

Les limites du système ne sont donc pas très clairement définies. Le processus de conception peut être vu comme un système ouvert. Dans ce contexte, un enjeu fort est la fermeture du système pour garantir l'efficacité du système, car il est nécessaire de bien circonscrire le problème de conception afin de rendre sa résolution plus efficace.

3) Besoins spécifiques :

En plus des besoins spécifiques à tout processus de conception (besoins de développement, besoins de fabrication, besoins d'utilisation et besoins supports).

On peut identifier des besoins spécifiques en éco-conception :

- besoin réutilisation de tout ou partie du produit / process ;
- besoin en retrait de service ;
- besoin de recyclage.

D'autres besoins sont accrus : besoin de formation et d'acquisition de connaissances scientifiques des acteurs participant dans le processus d'éco-conception.

Les exigences ou besoins des clients ne sont jamais directement interprétables en termes de problèmes techniques à résoudre d'emblée. Il revient donc à l'ingénieur d'explicitement le besoin et de développer une solution

« satisfaisante » dans un cadre organisationnel prédéfini par le manager de conception (Deniaud *et al* , 2011b).

Par ailleurs, la multiplicité des exigences de conception venant de nombreuses parties prenantes et de leurs relations augmente la difficulté pour réaliser un contrôle a priori des processus de conception (Bonjour et Dulmet, 2006). Par exemple, ces exigences multiples mènent souvent à des contradictions non seulement techniques (liées au produit, par exemple être à la fois léger et rigide), mais aussi organisationnelles et cognitive (être léger intéresse l'architecte, mais pas nécessairement le spécialiste de sécurité passive) (Belleval *et al*, 2010).

4) Complexité accrue : La complexité du processus d'éco-conception est générée par :

- a) la complexité dans la définition de besoins/exigences (problème difficile à formuler) :
- le besoin n'est pas clairement identifié, défini et exprimé ;
 - mauvaise compréhension de la relation client-fournisseur ;
 - pas de séparation entre problème et solution ;
 - difficulté de communication (outil de dialogue) entre les parties prenantes ;
 - la perception négative du problème à résoudre.

b) la complexité du produit liée à :

- la complexité du projet par le nombre de métiers qui interviennent dans le processus de conception ;
- la diversité des exigences à intégrer ;
 - dans la définition de fonctions,
 - dans le choix organique (solution) en fonction du degré d'interdépendance entre les paramètres de conception : problème difficile à résoudre.

Cela augmente le risque d'apparition de contradictions qui doivent être dépassées.

c) la complexité de l'organisation : notamment transformation de l'organisation, changements dans la manière de résoudre les problèmes. On s'éloigne de ce qu'on faisait avant. Dans ce cas, en plus de l'aspect normalisation pour contrôler, l'organisation doit avoir une démarche d'amélioration continue pour pouvoir faire des sauts qualitatifs tout en intégrant des contraintes nouvelles et des intérêts stratégiques nouveaux.

La question qui se pose est : A partir de quand le changement lié au processus d'éco-conception pose problème ? Il y a-t-il plusieurs types de changements possibles ? Pour répondre à ses questions, nous allons d'abord discuter dans la suite de l'article d'une typologie de processus d'éco-conception.

3 TYPOLOGIES D'ECO-CONCEPTION

D'après Charter et Chick (1997) il y a quatre types de stratégies d'éco-conception :

1. Réparation (*Re-pair*) : concerne des solutions de fin de vie du produit. Il s'agit par exemple d'utiliser un déchet pour fabriquer un produit. Par exemple dans des communautés rurales du Zimbabwe des baskets et des paniers sont élaborées à partir des restes de vieux pneus. Bien entendu le processus de conception des chaussures n'impacte pas celui des pneus qui reste inchangé (Charter, 1997).

2. Raffinement des processus existants et des produits (*Re-fine*) : concerne la mise en œuvre du concept d'éco-efficacité (réduisant la consommation des ressources, tout en ajoutant la valeur et en réduisant le coût du produit). Par exemple dans le projet Twingo Greenpeace SmLE (SmLE : Small, Intelligent, Light and Efficient) l'équipe projet a reconçu une Renault « Twingo Easy » standard. Les principales évolutions furent les suivantes : réduction de la masse de 23 %, amélioration de l'aérodynamique de 30%, réduction de 51 % de la consommation de gasoil, l'élongation du moteur (favorisant la combustion) combinée avec la mise en place de batterie qui améliore la performance à basse vitesse à la même performance que le moteur original (Charter, 1997).

3. Re-conception (*Re-design*) : pour des produits existants, concerne l'intégration des contraintes écologiques dès le début du processus de re-développement. Par exemple dans le projet d'écologisation d'une machine à café (*Ecologically sound coffee machine*), (Charter, 1998), il s'agit d'une machine à café modulaire, avec une chaudière à eau électrique, un filtre amovible. Une plaque chauffante, un timer ou d'autres équipements pourraient également être ajoutés. La conception modulaire rend aisé le démontage de toutes les vis ou les joints pour des motifs de maintenance. L'objectif est d'améliorer la maintenabilité de l'appareil et d'accroître sa durée de vie. Cette machine a également l'avantage de pouvoir fonctionner avec une grande diversité de bol de cafetière. Ce qui est inhabituel dans cette conception c'est le très grand degré de modularité du système qui fait que cette cafetière ne ressemble pas à ce qui existe sur le marché.

4. Repenser (*Re-think*) : exigera des sauts significatifs dans la réflexion, en passant par une phase créative de résolution des problèmes. Par exemple Baylis l'inventeur de la Freeplay radio (Chick, 1997) était concerné par le problème de l'éducation des gens en Afrique concernant la santé publique. La radio était bien le moyen le plus efficace pour diffuser l'information. Cependant le réseau électrique ne fonctionne pas de manière satisfaisante et les batteries sont soit introuvables, soit hors de prix. C'est pourquoi Baylis a conçu une radio intégrant son propre générateur d'électricité grâce à un mouvement d'horloge. En remontant le mouvement d'horloge pendant 25 se-

condes, il devient possible d'écouter la radio pendant 25 à 30 minutes ! Ce produit est fabriqué à CapTown en Afrique du Sud dans une entreprise gérée par un consortium d'associations employant des travailleurs handicapés. Deux-cent personnes ont la capacité de produire 1 000 000 de radios par an. Ce produit a été testé dans de nombreux pays en voie de développement par diverses organisations non gouvernementales. Ces radios restent performantes pendant 10 000 cycles ce qui correspond à 5 000 heures d'écoute (3h/jour pendant 5 ans). A l'issue de ces cycles, il est possible de changer le ressort qui assure le fonctionnement du mouvement d'horloge. Nous sommes ici dans un exemple de projet Re-Think, il ne s'agit pas simplement d'améliorer un produit existant en intégrant des objectifs écologiques... Il s'agit bien de repenser le concept du produit en prenant en considération un besoin spécifique d'une population qu'il aurait été impossible de satisfaire avec les produits existants. Nous sommes dans le cas d'une innovation radicale portée par une technologie low-tech et un nouveau concept.

Knight et Jenkins (2009) définissent quant à eux quatre niveaux d'éco-conception :

1. Amélioration progressive et incrémentale d'un produit existant, modifié à la marge (eg. *Re-styling*) ;
2. Re-design : nouveau produit conçu à partir d'un produit existant (innovation incrémentale) ;
3. Définition d'un nouveau concept de produit (innovation de rupture) ;
4. Nouvelle définition de l'organisation du système : l'innovation dans le système de production est nécessaire. Cela implique un changement culturel et organisationnel.

D'après Jansen (2003), si à court terme l'optimisation et l'amélioration des produits et des procédés sont envisageables, la conception de nouveaux produits et de nouveaux procédés sera l'enjeu des prochaines décennies. L'éco-conception est donc directement liée à l'innovation basée sur les besoins. L'innovation apparaît comme une nécessité dans les processus d'éco-conception. D'ailleurs d'après Rubik, (2001) « l'éco-conception fait partie de l'éco-innovation. Elle est concentrée sur des produits, étant orientée plus vers les innovations technologiques. »

Dans le tableau 1, nous avons fait une synthèse des différentes typologies en soulignant l'évolution des différentes caractéristiques.

	Impact sur le processus de conception initial (magnitude du changement)	Mode de résolution de problème (degré d'intégration amont de la contrainte environnementale)	Principe d'action
Réparation Re-pair	Pas d'impact sur le processus initial de développement du produit. La conception du produit et son écologisation sont traitées de manière séquentielle.	Résolution indépendante et exposé de l'aspect écologique du problème.	Transformation d'une externalité négative générée par le processus de production en fonction porteuse de valeur. Exemple : transformer un déchet en produit.
Raffinement Re-fine	Peu d'impact sur le processus initial de développement du produit dans la mesure où la prise en compte des contraintes écologiques ne complexifie pas le problème initial de conception du produit.	Optimisation du produit existant selon une démarche classique de « <i>stage gate process</i> » ne générant pas de conflit entre les acteurs du processus de conception qui reste modulaire.	Intégrations de contraintes écologiques en synergies avec les contraintes préexistantes du cahier des charges. Exemple : utiliser des matériaux qui améliorent à la fois la performance technique et écologique du produit.
Re - conception Re-design	Fort impact sur le processus initial de développement de produit dans la mesure où la prise en compte des contraintes écologiques complexifient le problème de conception.	Processus collectif d'arbitrage entre les performances techniques du produit et ses performances écologiques selon une démarche d'ingénierie concurrente.	Intégrations de contraintes écologiques en conflits avec les contraintes préexistantes du cahier des charges. Exemple : améliorer la technologie d'un moteur afin qu'il allie sobriété et puissance.
Repenser Re-think	Impact maximal. La prise en compte des contraintes écologiques est susceptible d'aboutir à la remise en question de l'existence même du produit initial.	Mise en œuvre de démarches de conception créatives à travers le développement d'un nouveau concept de solution ou d'une innovation technologique majeure.	La prise en compte de contraintes environnementales aboutit à la reformulation totale du problème initial par le dépassement de contradictions et la création de nouveaux espaces de solution Exemple : le pédibus est un concept de bus sans moteur qui est un système de transport en commun efficace sur les courtes distances tout en étant totalement écologique.

Tableau 1: Typologies et caractéristiques de processus d'éco-conception

Plus on va vers la *Re-thinking* plus on va travailler dès le début du cycle de vie du produit et plus le niveau de durabilité augmente. (Dans la littérature on utilise la magnitude ou le facteur X qui mesure le niveau de la réduction de ressource et d'énergie requise pour progresser vers la durabilité.)

La question qu'on se pose est : Est-ce qu'il y a une dynamique, donc des étapes ? Est-ce qu'il y a donc une trajectoire entre les différents types d'éco-conception ? Pour cela nous analysons par la suite les différentes stratégies d'éco conception adoptées par les entreprises.

4 STRATEGIES D'ECO-CONCEPTION ET PROBLEMES ASSOCIES

L'éco-conception conduit les entreprises qui souhaitent l'adopter à repenser la manière dont elles mettent en œuvre la fonction de ses produits et de ses services, donc à développer des nouvelles stratégies spécifiques.

4.1 Les stratégies d'éco-conception

D'après Hamel and Brezet (1997), il y a huit stratégies d'éco-conception. Ces huit stratégies sont présentées dans la roue des stratégies (*Strategy Wheel*). On peut observer que ces différentes stratégies sont spécifiques à

différentes étapes du cycle de vie du produit comme on le montre dans le tableau 2.

Stratégie d'éco-conception	Cycle de vie du produit
choix de matériaux	Conception produit - bureau d'études
réduction de la masse de matériaux	Conception produit - bureau d'études
techniques de production « propres »	Conception process - Bureau Méthodes
optimisation de la distribution	Logistique, Distribution
extension de la durée de vie	Utilisation
limitation des impacts durant l'utilisation	Utilisation
optimisation de la fin de vie	Fin de vie
nouveaux concepts (dématérialisation)	Nouveau concept, Conception, Re-think

Tableau 2: Lien entre les stratégies et le cycle de vie du produit

Dans chaque étape de vie on a des contraintes récursives supplémentaires. Mais l'analyse de cycle de vie de produits ne reflète pas les effets indirects du projet d'éco-conception par exemple : la connaissance accrue, développement des routines, coopération accrue avec d'autres organisations, activités de suivi (Hamel and Brezet, 1997), ni la dynamique entre différentes stratégies ou processus d'éco conception (vues §2). C'est cette interdépendance entre le produit, son processus de conception et l'organisation qui le met en œuvre à travers ses acteurs que nous analysons par la suite.

4.2 Synergie produit - organisation

Dans un projet de conception, le « système à faire » et le « système pour faire » (Meinadier, 1998) sont mis sous tension. Chacun de ces systèmes peut être considéré du point de vue du problème (quoi faire ?) et du point de vue de la solution (avec quoi le faire ?). Concernant le système à faire (le produit), le problème correspond au domaine des besoins et des exigences. La solution renvoie au domaine des fonctions techniques, des paramètres et des composants. Concernant le système pour faire, le problème correspond au domaine des missions à remplir pour développer le produit. La solution organisationnelle recouvre les domaines des processus (que faire ? Quand ? Avec quelle séquence ? Etc.), des acteurs (avec qui ?) et des compétences (sachant faire quoi ? Avec quel niveau de maîtrise ?).

Pimmler et Eppinger (1994) ont développé plusieurs travaux dans lesquels sont intégrés la définition du produit à réaliser (quoi faire ?), celle des processus à mettre en œuvre pour assurer cette tâche (comment faire ?) et des acteurs en charge des activités (qui le fait ?). Dès lors, comme le souligne Nightingale (2000), les exigences du produit à réaliser, les techniques, l'organisation et les connaissances sont corrélées. Il soutient que l'interaction entre les activités de résolution des problè-

mes techniques et l'organisation du processus de conception a un impact sur le nombre d'itérations dans le projet de conception, donc sur sa performance opérationnelle exprimée en termes de qualité, coût, délais. Concevoir, c'est tout à la fois développer une solution (domaine du produit), réaliser des activités spécifiques (domaine du processus) et faciliter les interactions entre les acteurs de la conception (domaine des acteurs).

Mintzberg (1982) présente différents types de structures organisationnelles qu'il classifie en fonction de différents modes de coordination entre ses parties. Nous allons nous interroger dans la suite de l'article sur le type de structure adapté à chaque type de processus d'éco-conception et sur la dynamique possible entre ces processus.

4.3 Dynamique entre différents types d'éco-design

Dans une démarche d'amélioration continue, l'entreprise peut rentrer dans une démarche cyclique, dynamique, qui combine le « passage » entre les différents types de processus d'éco-conception, vues chapitre 2.

L'écologisation des produits peut s'opérer par la mise en œuvre d'une ou plusieurs séquences de reformulation de problème de différents types.

Selon Brezet et van Hemel (1997), ces quatre modes d'éco-conception auraient des impacts potentiels très différents : magnitude 2 pour du « minor design improvement » à magnitude 20 pour « new productive system definition »... Cependant nous devons envisager que des solutions à la fois créatives et efficaces puissent émerger de la mise en œuvre d'une logique de type *Re-pair*.

On pourrait envisager que dans un contexte évolutif marqué par une connaissance imparfaite des impacts écologiques futurs d'une décision à un instant t , il soit illusoire de prétendre prendre en considération tous les aspects de la performance écologique ... C'est pourquoi, il est tout à fait envisageable qu'un processus de type *Re-thing* puisse être amélioré dans un second temps par un processus de type *re-fine* ou *re-pair*.

Il semble également logique d'envisager que l'on n'accorde pas la même attention à tous les problèmes écologiques que rencontre l'entreprise. Des actions de type *Re-fine*, mais surtout *Re-pair*, ont l'avantage d'impacter faiblement la conception existante du produit. Bien sûr la suppression de la cause des problèmes suppose généralement un processus de type *Re-think*, mais un tel processus peut conduire l'entreprise à changer radicalement de domaines d'activité.

Le choix d'un mode de reformulation de type *Re-pair* ou *Re-fine* pourrait dès lors s'interpréter comme le choix d'une stratégie de créativité limitée. Il ne s'agirait pas de prétendre que les projets de type *Re-pair* sont moins

créatifs dans l'absolu, mais que dès le départ du projet on s'interdit toutes les solutions qui impactent le processus de conception existant. C'est donc l'impact de la solution créative que l'on cherche à limiter. A l'inverse, dans le choix d'une stratégie *Re-think*, aucune limite d'impact n'est posée a priori. On pourrait même envisager que la reformulation du problème puisse conduire à la prise de conscience que la meilleure solution est la disparition du produit que l'on cherche à écologiser. Dans ce cas, on parle d'une stratégie de dématérialisation qui sera traitée par la suite.

5 ECO DESIGN, UNE REFORMULATION DU PROBLEME DE CONCEPTION : VERS LA DEMATERIALISATION DES PRODUITS ?

5.1 Typologie de problèmes en éco - conception

Bien que la nature de l'activité de conception du produit ne soit pas spécifique dans le cas de l'éco-conception, on pourrait penser que lorsqu'une entreprise décide de prendre en considération les contraintes et les objectifs spécifiques à l'éco-design (alors qu'elle ne le faisait pas dans le passé), elle soit conduite non seulement à modifier l'évaluation des solutions existantes (2), mais également à générer des solutions nouvelles (3), voire à reformuler le problème (4) (Figure 1).

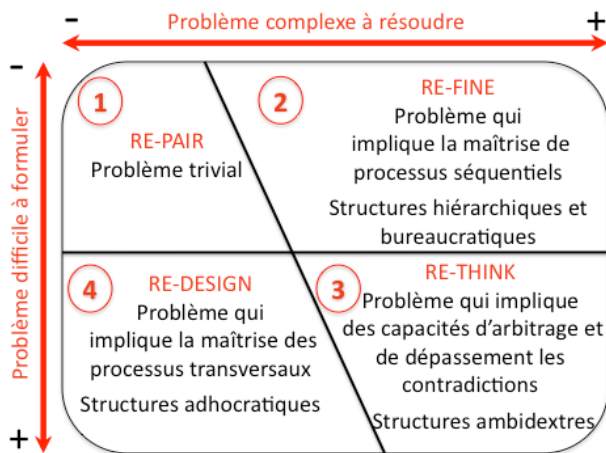


Figure 1: Typologie de problèmes en éco-design

Le processus d'écologisation d'un nouveau produit passerait par la prise en considération de nouvelles contraintes ou nouvelles règles de conception et éventuellement par la disparition d'anciennes contraintes ou règles figurant dans le cahier des charges. De ce point de vue, les processus de type *Re-fine*, *Re-design* et *Re-think* se différencieraient par la nature de l'impact de ces nouvelles règles ou contraintes sur le système de règles ou de contraintes existant.

Dans le cas du *Re-fine*, non seulement la prise en compte des objectifs environnementaux ne perturbe pas la

réalisation des objectifs de performance anciens, ils permettent souvent de les optimiser. Nous sommes dans un contexte de synergie. Le produit est écologisé sans que son architecture soit remise en question. Dans ce contexte de stabilité architecturale ou de modularité, il est possible de décomposer les problèmes et de les confier à des spécialistes qui les traiteront séquentiellement selon les démarches de type « stage gate process ». On peut donc avoir une structure bureaucratique.

Dans le cas du *Re-design*, l'application des nouvelles règles entre en conflit avec les anciennes. Nous sommes dans un contexte où il est nécessaire d'effectuer des arbitrages. Une structure organisationnelle appropriée dans le cas du *Re-design* est l'adhocratie (Mintzberg, 1982). En effet, dans ce type d'organisation, les acteurs impliqués dans la conception du produit se coordonnent par ajustement mutuel : il s'agit pour eux non seulement de coordonner leurs actions mais également leurs représentations et leurs objectifs. Or, de tels modes de coordination sont particulièrement utiles dans un contexte où il est nécessaire d'arbitrer des conflits.

Dans le cas du *Re-think*, la mise en application des nouvelles règles est susceptible d'aboutir à la disparition des anciennes. Il est nécessaire de dépasser les contradictions qui émergent lors de l'apparition des nouvelles règles de manière à générer un nouvel espace de solutions. L'atteinte d'un tel objectif est susceptible de remettre totalement en question l'organisation existante. C'est pourquoi l'organisation qui écologise un produit selon une démarche de type *Re-think* est généralement face à un dilemme : elle doit être en mesure de développer des projets de rupture dont par définition les chances de succès ne sont pas certain mais qui seront les offres de références de demain, tout en préservant l'organisation existante qui capitalise ses succès passés et génère les ressources nécessaires à sa pérennité à court terme. L'organisation doit donc disposer des qualités d'ambidextrie (Tushman et O'Reilly, 1996).

5.2 Résultat idéal final : la dématérialisation

La question qu'on se pose est : Comment répondre aux exigences de ces différents types de processus d'éco-innovation en allant de plus en plus vers une solution idéale, donc du produit vers des services.

Lors de la reformulation du problème, nous avons identifié les quatre situations possibles (Figure 2) qui se placent sur un continuum :

- pas d'exigences nouvelles concernant le produit (il n'y a aucune reformulation de problème de conception) ;
- des exigences nouvelles entrent en synergie avec les exigences initiales (la reformulation du problème est minimale) ;
- arbitrage entre les exigences qui apportent des modifications des exigences initiales ;

- apparition des contradictions (Altshuller, 1984), qu'on essaie de dépasser en innovant. Dans le cas contraire, des compromis sont faits qui amèneront à l'abandon d'une partie des exigences initiales.

Le résultat final prendra une orientation différente selon que les acteurs en charge de la conception parviendront à résoudre le système d'exigences grâce à un arbitrage ou en dépassant une contradiction par une expansion de l'espace des solutions (Le Masson *et al.*, 2006), (Belleval *et al.*, 2010).

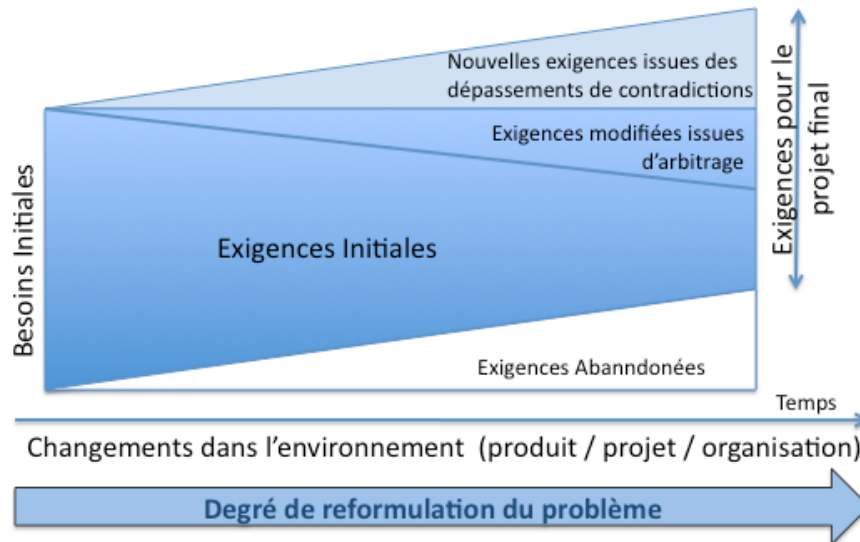


Figure 2: Evolution du degré de reformulation du problème

Pour Altshuller, l'évolution des systèmes techniques n'est pas accidentelle, mais suit des lignes objectives d'évolution. Il a identifié plusieurs lois d'évolution possibles parmi lesquelles celles qui concernent l'« Augmentation du niveau d'idéalité ». Le système idéal est le système n'existant plus physiquement mais dont toutes ses fonctions s'exécutent. Ce concept peut aider des concepteurs à se concentrer sur des exigences de minimisation énergétique, de minimisation de la complexité du produit (Altshuller, 1984). C'est le *Re-think* absolu ! De plus, la réflexion sur le produit vu comme service et non plus comme objet, permet de changer de point de vue et d'élaborer de nouveaux concepts de produit.

C'est pourquoi l'une des problématiques qui apparaît fréquemment dans la définition d'une stratégie d'éco-conception et de développement durable est l'évolution d'une offre de produits vers une offre de services. Le concept afférent est appelé « dématérialisation ». Il s'agit notamment de réduire et d'améliorer l'utilisation des matériaux (Luttrupp et Lagerstedt, 2006) dans le but de réduire la quantité de déchets générés par unité de produit réalisé, le tout dans un contexte de croissance économique (Herman *et al.*, 1990).

Allenby affirme qu'un grand pas vers une empreinte environnementale en diminution sera la substitution des services d'information pour les marchandises matérielles. (Allenby, 1997).

Le produit et le service forment un couple indissociable : le produit n'est que le moyen de réaliser le service attendu. Dans le passage du produit vers le service, il faudrait manager la transition. Ce passage suppose un processus d'apprentissage, long et complexe, qui implique toutes les parties prenantes (Manzini, 1998).

La dématérialisation est influencée par de nombreux facteurs en interaction (Herman *et al.*, 1990) : facilité de fabrication, coûts de production, taille et complexité du produit, si le produit est réparé ou remplacé, les déchets générés.

Un exemple de dématérialisation est l'auto-partage. Initialement on a une problématique contradictoire : se balader en ville seul, aller au chantier pour travailler, transporter une personne handicapée de la famille, aller en famille en vacances, etc.

Dans un premier temps il s'agit d'une reformulation du problème en remontant au besoin : le besoin n'est pas acheter une voiture mais d'avoir un service qui peut permettre de se déplacer.

L'auto-partage permet d'adapter la fonction à l'utilisation, j'achète un service quand j'en ai besoin. Cela me permet d'avoir des voitures différentes selon un besoin spécifique : citadine pour la ville, espace pour les vacances. Cela répond avec plus de flexibilité au besoin. Du point de vue écologique : besoin de moins de voiture, moins d'émission de CO₂.

6 CONCLUSIONS

Dans cet article, nous avons commencé par identifier les caractéristiques d'un processus d'éco-conception. Nous avons pu constater le fait qu'il s'agit bien d'un processus spécifique caractérisé par la prise en compte de tout le cycle de vie du produit, avec des exigences spécifiques ce qui implique une complexité accrue.

Par la suite, différentes typologies rencontrées dans la littérature ont été analysées, ce qui nous a permis de faire une synthèse qui met en évidence l'évolution des différentes caractéristiques.

L'éco-conception met les entreprises en situation de revoir leurs processus de conception, notamment lors du passage de l'architecture fonctionnelle vers l'architecture organique de leurs produits ou services. Pour cela de nouvelles stratégies sont mises en œuvre. Ce sont ces stratégies que nous avons analysées, tout en nous interrogeant sur l'existence d'une dynamique entre les différents types de processus d'éco-conception vus auparavant.

Nous avons constaté que l'écologisation des produits /services peut s'opérer par la mise en œuvre d'une ou plusieurs séquences de reformulation de problèmes de différents types. La solution dépendra de la synergie qui existe entre le produit à concevoir et l'organisation qui met en œuvre le processus d'éco-conception.

La reformulation du problème peut conduire à la prise de conscience que la meilleure solution est la disparition du produit que l'on cherche à écologiser. Il s'agit d'une stratégie de dématérialisation.

REFERENCES

- Allenby B., 1997. Interview. *The Journal of Sustainable Product Design*, 2, p 38-43.
- Altshuller, G.S., 1984. *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*. New York, Gordon and Breach Publishers.
- Belleval C., I. Deniaud, C. Lerch, 2010. Modèle de gestion des problèmes dans un projet de conception: le cas de la conception des microsattelites. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 29(4), p.31-47.
- Bonjour E., M. Dulmet, 2006. Pilotage des activités de conception par l'Ingénierie Système. *Ingénierie de la conception et cycle de vie du produit*, sous la direction de Roucoules L., (éd.), Hermès, p. 85-105.
- Brezet, H. and C. van Hemel, 1997. Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. *Industry and environment* 20(1&2): 52.
- Charter M., A. Chick, 1997. Editorial. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, p. 5-7.
- Charter M., 1997. Gallery. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, p. 44.
- Charter M., 1998. Gallery. *The Journal of Sustainable Product Design*, 5, p. 36.
- Charter M., I. Belmane, 1999. Integrated Product Policy (IPP) and eco-product development (EPD). *The Journal of Sustainable Product Design*, 10, p.17-29.
- Chick A., 1997. The Freeplay radio. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, p. 53-56.
- Datschefskii E., 1999. Progress towards sustainable design in the white goods sector. *The Journal of Sustainable Product Design*, p. 43-52.
- Deniaud I., C. Lerch, E. Caillaud, 2011a. Eco-Design of Complex Products using System Engineering. *4th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management: Innovation Approaches and Technologies for Network Manufacturing Enterprise Management*, May 25 - 27, 2011, Metz, France.
- Deniaud I., J.P. Micaëlli, E. Bonjour, 2011b. Innovation produit et innovation organisationnelle : quel apport de l'ingénierie système ? *9^{ème} Congrès International de Gestion Industrielle*, St-Sauveur, Québec, 12-14 octobre.
- Herman R., S. A. Ardekani, J.H. Ausubel, 1990. Dematerialization. *Technological Forecasting and social Change*, 38, p. 333-347.
- Jansen L., 2003. The challenge of sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 11, p. 231-245.
- Karlsson R. and C. Luttrupp, 2006. EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. *Journal of Cleaner Production*, 14, p. 1291-1298.
- Knight P., J.O. Jenkins, 2009. Adopting and applying eco-design techniques: a practitioner's perspective. *Journal of Cleaner Production*, 17, p. 549-558.
- Le Masson, P., B. Weil et A. Hatchuel, 2006. *Les processus d'innovation : Conception innovante et croissance des entreprises*. Hermès Science Publications.
- Luttrupp C., J. Lagerstedt, 2006. Eco Design and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14, p. 1396-1408.

- Manzini E., 1998. Interview. *The Journal of Sustainable Product Design*, 6, p.54-56.
- Meinadier, J.P., 1998. *Ingénierie et intégration des systèmes*, Paris, Hermes.
- Mintzberg H., 1989. *Mintzberg on Management. Inside Our Strange World of Organizations*. New York, The free Press.
- Nightingale, P., 2000. The product-process-organisation relationship in complex development projects, *Research Policy*, 29, p. 913-930.
- O'Connor F. and D. Hawkes, 2001. A multi-stakeholder abridged environmentally conscious design approach. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, p.247-262.
- Pimmler, T.U. and S.D. Eppinger, 1994. Integration Analysis of Product Decompositions. *Proceedings of the ASME Design Theory and Methodology Conference*, 68, p. 343-351.
- Rapport Brundtland, 1987. *Our Common Future*. United Nations World Commission on Environment and Development.
- Rubik F., 2001. Environmental sound product innovation and Integrated Product Policy (IPP). *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, p.219-232.
- Tushman, M. and C. O'Reilly III, 1996. Ambidextrous organizations: managing evolutionary and revolutionary change. *California Management Review*, 38(4), p. 8-30.