



Date de publication :
10 novembre 2017

Éco-innover à l'aide de méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation (MSE)

Cet article est issu de : **Génie industriel | Métier : responsable bureau d'étude/conception**

par **Benjamin TYL, Olivier PIALOT, Flore VALLET,
Dominique MILLET**

Mots-clés
développement durable |
créativité | éco-innovation |
éco-idéation

Résumé Pour rester compétitives, les entreprises ont besoin d'éco-innover, c'est-à-dire de développer et mettre sur le marché, avec succès, des produits ou services à forte ambition environnementale. L'objectif de cet article est d'apporter de nouvelles connaissances sur les processus d'éco-innovation pour accompagner les entreprises. A cet effet, il est présenté une boîte à outils inédite de 7 méso Mécanismes de Stimulation d'Eco-idéation (MSE) didactiques, permettant une exploration large et efficace des dimensions systémiques relatives au développement durable, peu exploitées jusqu'alors et pourtant très prometteuses. Le cas d'application de l'aspirateur illustre le mécanisme « Innover par les Systèmes Produit Service ».

Keywords
sustainable development |
creativity | eco-innovation |
eco-ideation

Abstract To remain competitive, companies urgently need to eco-innovate, that is to develop and successfully launch on the market products and services with a high environmental potential. The aim of this paper is to bring new knowledge on eco-innovation processes in order to support companies. More precisely, it is presented an original toolbox of 7 didactic Eco-ideation Stimulation Meso-mechanisms (ESM) to enable a wide and efficient exploration of the systemic dimensions related to sustainable development, which are today under considered but yet very promising. The ESM 'Innovate thought Product Service Systems' is applied to the case of a vacuum cleaner.?

Pour toute question :
Service Relation clientèle
Techniques de l'Ingénieur
Immeuble Pleyad 1
39, boulevard Ornano
93288 Saint-Denis Cedex

Par mail :
infos.clients@teching.com
Par téléphone :
00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **25/01/2018**

Pour le compte : **7200043660 - centralesupelec // 138.195.233.38**

Éco-innover à l'aide de méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation (MSE)

par **Benjamin TYL**

*Docteur en mécanique et ingénierie
APESA*

Olivier PIALOT

*Docteur en génie industriel
Laboratoire QUARTZ, Supmeca*

Flore VALLET

*Docteur en mécanique avancée
Centrale Supélec, Laboratoire génie industriel, Université Paris-Saclay
IRT SystemX, Paris-Saclay*

et **Dominique MILLET**

*Professeur en génie industriel
Laboratoire COSMER, SeaTech*

1. Vers un ensemble systémique et multidimensionnel de méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation	AG 6 785 - 2
1.1 Contexte et problématique de l'éco-idéation	— 2
1.2 Notion de méso-mécanisme de stimulation.....	— 3
1.3 Multiples dimensions de l'éco-innovation.....	— 4
2. Description de la démarche d'éco-innovation s'appuyant sur un ensemble cohérent de MSE	— 6
2.1 Démarche opérationnelle d'utilisation des MSE	— 6
2.2 Structure et syntaxe commune des MSE.....	— 6
2.3 Descriptif du contenu des 7 MSE.....	— 6
3. Exemple d'utilisation d'un MSE sur un projet d'innovation d'appareillage domestique	— 14
3.1 Caractérisation de l'état initial d'un système.....	— 14
3.2 Identification des paramètres significatifs	— 14
3.3 Génération d'idées.....	— 16
4. Conclusion	— 17
5. Glossaire	— 17
Pour en savoir plus	Doc. AG 6 785

Les conséquences environnementales de la fabrication et de la consommation de masse nécessitent de repenser complètement notre façon de concevoir, produire et consommer. Plus que jamais, pour rester pérennes, les entreprises ont un besoin d'éco-innover, c'est-à-dire de développer et mettre sur le marché, avec succès, des produits ou services à forte ambition environnementale. Concevoir des produits respectueux de l'environnement devient crucial, mais les méthodes d'éco-conception actuelles conduisent à des gains environnementaux limités et les méthodes et outils développés pour accompagner le processus d'éco-innovation restent insatisfaisants pour les industriels.

Pour mettre sur le marché des produits et services ayant une forte ambition environnementale, au-delà d'actions d'éco-conception, c'est une dynamique d'éco-innovation qu'il faut mettre en œuvre. Pour ce faire, les entreprises doivent intégrer à leur processus de conception la prise en compte des différentes dimensions du système (environnement, social, technologie, parties prenantes) dès les phases amont ainsi qu'une démarche spécifique de génération d'idées « éco-innovantes », l'éco-idéation.

C'est dans cette logique d'approche que nous avons centré cet article sur le développement d'un ensemble inédit de Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation (MSE) à la fois didactiques et précis, explorant des dimensions systémiques relatives à la soutenabilité, peu exploitées jusqu'alors et pourtant très prometteuses. Ces mécanismes permettent de s'extraire du périmètre technique du seul produit pour éco-innover plus globalement et plus fortement vers de nouveaux modèles économiques durables.

Dans une première partie, après un rappel du contexte relatif à l'éco-innovation et à l'éco-idéation, la notion de méso-mécanisme et les différentes dimensions à explorer en éco-innovation sont décrites. Dans une deuxième partie, la structure d'un méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation (MSE) est présentée, avec son application sur les sept dimensions identifiées pour éco-innover et la présentation des fiches associées. La troisième partie illustre un cas d'application d'une fiche MSE sur un aspirateur. Une discussion sur l'utilisation de ces fiches, et plus généralement sur les futurs développements autour du concept MSE, conclut cet article.

1. Vers un ensemble systémique et multidimensionnel de méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation

La démarche d'éco-innovation est une démarche ambitieuse qui propose de considérer l'environnement comme une nouvelle valeur de développement de l'entreprise. L'environnement n'est plus uniquement associé au développement du produit lui-même, mais au développement d'une nouvelle offre et/ou à la mise en place d'un nouveau modèle économique de l'entreprise. Cette démarche se focalise sur la valeur ajoutée pour les parties prenantes et vise une amélioration plus radicale de l'offre qui peut être un produit, un service, un nouveau modèle économique, ou une combinaison des trois.

Dès 1996, Fussler et James définissent l'éco-innovation comme le processus de développement de nouveaux produits, procédés ou services qui apportent de la valeur tant pour le client que pour l'entreprise, tout en réduisant significativement l'impact environnemental [1]. Depuis cette première définition, l'éco-innovation a largement été étudiée, tant dans le milieu académique qu'industriel. Ainsi l'éco-innovation couvre-t-elle, selon les définitions, l'espace des innovations purement technologiques, jusqu'à celles des innovations sociétales. Par conséquent, si l'innovation est caractérisée par une sanction positive par le marché, l'éco-innovation engendre, quant à elle, des effets d'externalités doubles : au niveau des utilisateurs, et plus généralement de l'usage, mais également au niveau sociétal et environnemental.

Plus récemment, l'éco-innovation a évolué d'un champ très orienté vers une innovation produit/service à une innovation dans le champ des modèles économiques durables. On retiendra ici la

contribution du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) qui met l'accent sur une action à trois niveaux : au niveau stratégique, au niveau des modèles économiques et au niveau opérationnel.

D'après le PNUE, « L'éco-innovation est le développement et l'application d'un modèle économique d'entreprise, articulé autour d'une nouvelle stratégie, qui intègre la durabilité dans toutes opérations commerciales, basé sur la pensée du cycle de vie, et qui s'opère en coopération avec l'ensemble des partenaires de la chaîne de valeur » [2].

1.1 Contexte et problématique de l'éco-idéation

À l'instar de l'innovation, un processus d'éco-innovation se distingue par trois étapes clés :

- une étape d'analyse initiale, pour identifier la stratégie de l'entreprise et définir un profil environnemental et sociétal d'un produit/service référence ;
- une étape de créativité, ou éco-idéation, qui consiste en la mise en place de groupes de travail pour générer des idées éco-innovantes. Durant cette phase, le groupe doit utiliser un ensemble d'outils l'aidant dans son processus créatif. Une fois les idées générées, cette étape se conclut par une évaluation du potentiel environnemental et sociétal de ces idées ;
- une étape de développement et la maturation des concepts éco-innovants, et une identification des modèles économiques associés.

L'éco-innovation a pour objectif de défier le système existant pour proposer des alternatives viables et durables. Par conséquent, le cœur même de ce processus est la génération de nouveaux concepts, qui doit être particulièrement accompagnée et instrumentée. La créativité, appelée aussi idéation, est largement considérée comme une phase critique de la conception dans la littérature. C'est au cours de cette phase que les concepteurs vont

chercher à mettre en place de nouvelles propositions, combinaisons, associations ou modifications, afin de générer des concepts nouveaux et pertinents. Cette phase, appliquée à l'environnement, s'appelle « phase d'éco-idéation », c'est-à-dire une phase de génération d'idées permettant de réduire significativement l'impact environnemental [3].

Lors d'un processus d'éco-innovation, les acteurs mobilisent diverses méthodes et outils pour les aider dans leurs activités de création. Les méthodes de créativité sont fréquemment associées à l'innovation car elles cristallisent à la fois une spécificité majeure et une nécessité du processus d'innovation : la stimulation pour l'émergence de nouvelles idées et l'exploration de nouveaux espaces.

L'accompagnement des étapes d'éco-idéation s'opère grâce au développement d'outils spécifiques. Un état de l'art précis a été rédigé dans cet ouvrage [IN 206].

Les premiers outils développés ont été inspirés des diagrammes ou des radars, tels la roue de Brezet [4] ou encore *Eco-Compass* [1]. Le processus d'éco-idéation consiste dans ces outils à effectuer des séances de brainstorming sur chaque axe de la roue ou du diagramme. D'autres outils s'inspirent de TRIZ, une méthodologie créative systématique pour résoudre les contradictions de conception [5]. De nombreux outils issus de TRIZ ont été adaptés à l'éco-innovation [6] ou hybridés avec des modèles issus, par exemple, du biomimétisme [7]. Certains ont également été simplifiés en utilisant la contradiction physique et technique et l'énoncé d'un Résultat Idéal Final (RIF) [8].

Plus récemment, Tyl *et al.* [9] ont proposé un outil EcoASIT pour générer des idées durables. Enfin, les développements récents s'appuient sur l'innovation en matière de modèle économique comme moyen de générer des idées durables.

Une dernière grande catégorie d'outils est issue d'une analyse des réseaux d'acteurs pour favoriser l'éco-innovation. Dans cet état d'esprit, l'outil *Value Mapping Tool* de cartographie de la valeur propose d'analyser les différentes valeurs pour les parties prenantes clés et d'imaginer comment convertir les valeurs manquées ou détruites en opportunités [10]. L'outil MIRAS a pour but d'aider les organisations à développer de nouveaux concepts éco-innovants en anticipant les changements dans les réseaux des parties prenantes [11].

Les outils d'éco-innovation pour la génération d'idées présentent une double problématique :

- le niveau de spécificité de l'outil et du mécanisme d'idéation qu'il utilise, ainsi que le niveau de définition du problème. En effet, il existe d'une part des outils avec des mécanismes d'idéation très spécifiques et pointus (de niveau « micro ») mais qui nécessitent un niveau de définition précis et technique ; et d'autre part, des outils avec des mécanismes d'idéation très génériques qui proposent de réaliser une revue de solutions globales (de niveau « macro »). Ceux-ci peuvent être utilisés avec un niveau de définition plus systémique, dès les phases amont, mais ne guident pas de façon opérationnelle le concepteur vers des solutions éco-innovantes. Il émerge donc une problématique méthodologique sur le niveau de granularité à adopter ;

- la prise en compte de l'ensemble des problématiques de soutenabilité. Les outils existants, dans leurs récents développements, tendent à prendre en considération des notions nouvelles comme les modes de consommation ou les modèles économiques, mais ne les intègrent pas complètement. Il y a donc un champ à explorer sur les dimensions nécessaires pour éco-innover.

En écho à ces problématiques, cet article propose les deux contributions suivantes :

- le développement d'un modèle de Mécanisme de Stimulation d'Éco-idéation (MSE) se situant à un niveau « méso », suffisamment spécifique pour accompagner de façon opérationnelle le concepteur vers des solutions éco-innovantes ;

- le développement d'un premier ensemble de MSE destiné à explorer de manière systémique les différentes dimensions de l'éco-innovation.

La section suivante examine la notion de mécanisme d'idéation associé aux outils d'éco-innovation existants. Nous souhaitons ainsi unifier les nombreuses approches par des mécanismes d'éco-idéation qui permettent de tendre vers des systèmes durables.

1.2 Notion de méso-mécanisme de stimulation

Dans des recherches antérieures, une première proposition de classification des mécanismes d'idéation internes aux outils d'éco-idéation a été développée [12], suivant le niveau de spécificité du mécanisme d'idéation, des données à manipuler, ainsi que le champ d'utilisation, qui définit le Niveau du Mécanisme d'idéation (NMI) comme illustré par le tableau 1 :

- un mécanisme de niveau micro est spécifique et aboutit à des voies de solutions techniques (par exemple les principes d'innovation de TRIZ) ;

- un mécanisme de niveau macro est large et abstrait, sans spécification précise pour guider le concepteur, mais encourage une vue systémique (par exemple, *Eco-Compass* ou le résultat final durable) ;

- un mécanisme de niveau méso propose un compromis entre une vision systémique et une possible concrétisation technique (par exemple EcoASIT).

Ainsi, un mécanisme d'idéation de niveau micro aide le concepteur dans la génération d'idées en délivrant des solutions précisément définies, mais requiert des données d'entrée détaillées, ce qui ne permet pas de les utiliser dans les phases les plus amont, où il est plus aisé d'innover radicalement. À titre d'exemple, la matrice de contradiction issue de la méthodologie TRIZ est extrêmement performante dans la génération d'idées éco-innovantes, mais demande en entrée un niveau de précision important.

Un mécanisme d'idéation de niveau macro ne guide pas le concepteur vers des solutions concrètes, mais davantage sur des voies conceptuelles. Néanmoins, il permet au concepteur de garder une vision systémique du problème. À titre d'exemple, l'outil *Eco-Compass* propose de réaliser un ensemble de *brainstorming* dans une approche plus systémique, autour de 6 axes de travail, sur des thèmes correspondant à l'approche « cycle de vie » et « multicritères » (conservation et utilisation de matériaux renouvelables, réutilisation et revalorisation des déchets, risque pour la santé humaine et le risque environnemental).

Pour intervenir sur de nombreuses problématiques, dès les phases amont, tout en inspirant des solutions suffisamment définies pour être « actionnables », il est proposé dans cet article d'utiliser des mécanismes de stimulation dits « méso ».

En d'autres termes, il s'agit d'initier un raisonnement en spécifiant des éléments génériques, ce qui permet à la fois de s'extraire du niveau de précision des données d'entrée et d'utiliser un processus créatif défini.

Ce niveau de granularité intermédiaire apparaît comme la pierre angulaire d'un processus d'éco-innovation efficient. Il a été montré que des mécanismes d'idéation « méso » garantissent des séances d'éco-idéation efficaces, en particulier en ce qui concerne le taux de génération d'idées et la variété des idées, pour plusieurs profils d'utilisateurs [12].

Nous définissons par « méso-mécanisme de stimulation » un mécanisme suffisamment précis pour pouvoir aiguiller efficacement le concepteur dans la génération d'idées d'éco-innovation mais permettant également au concepteur de réfléchir à un niveau systémique.

Tableau 1 – Analyse d'outils d'éco-idéation

Outil	Niveau de spécificité de l'outil	Niveau de définition des éléments du problème	NMI
<i>LiDS Wheel</i> [4]	Spécifique : règles d'exploration/conception	Spécifique : cycle de vie (excepté « Développement de nouveaux concepts »)	Micro
Éco-idéation [3]	Spécifique : indicateur	Intermédiaire : produit, process et chaîne de valeur	Micro
TRIZ – CBR [13]	Spécifique : matrice de contradiction	Spécifique : éléments techniques du problème	Micro
<i>PIT Diagram</i> [8]	Spécifique : carte relative au stade du process	Dépend du point d'entrée	Macro/micro
<i>Simplified TRIZ</i> [8]	Générique : énoncé du résultat idéal Spécifique : contradiction technique et physique	Non précisé : fonction du système	Macro/micro
<i>Eco-Compass</i> [1]	Générique : règles de créativité sur chaque axe	Intermédiaire : cycle de vie et multicritère	Macro
BioTRIZ [7]	Générique : règles BioTRIZ pour l'éco-innovation	Spécifique : axiomes biologiques et d'ingénierie	Macro
<i>Value Mapping Tool</i> [10]	Intermédiaire : identifier les opportunités de <i>business model</i> pour les parties prenantes du réseau de valeur	Systémique : parties prenantes élargies	Méso
MIRAS [11]	Intermédiaire : ajouter/supprimer/zoomer	Systémique : parties prenantes élargies	Méso
EcoASIT [9]	Intermédiaire : modification, intégration et suppression	Systémique : ressources naturelles, production, vente, déchets, perception, usage, activité locale	Méso

1.3 Multiples dimensions de l'éco-innovation

Afin d'éco-innover, le domaine d'exploration du concepteur doit aller au-delà du périmètre du produit, en l'engageant sur l'ensemble des dimensions de durabilité ou soutenabilité. L'éco-innovation exige une approche globale et holistique. Un des premiers objectifs des MSE est de couvrir l'ensemble des dimensions de la soutenabilité : nouveaux usages, nouveaux services, nouveaux procédés, nouvelles stratégies...

Pour cela, nous avons effectué une analyse de la littérature sur l'éco-innovation. Afin de catégoriser les différentes questions inhérentes à l'éco-innovation, nous avons adopté l'approche proposée par le PNUE [2]. Il a en effet proposé un cadre conceptuel de l'éco-innovation axé autour de trois niveaux d'analyse :

- la stratégie économique, c'est-à-dire les objectifs à long terme de l'entreprise et les marchés dans lesquels l'entreprise va opérer ;
- le modèle d'entreprise, c'est-à-dire la traduction de questions stratégiques en proposition, création et capture de valeur ;
- le niveau opérationnel, c'est-à-dire le développement de produits ou de services.

Pour chaque niveau, une analyse de la littérature existante a été effectuée afin d'en extraire des axes d'éco-innovation.

- Au niveau de la **stratégie économique**, les 8 archétypes de modèles d'entreprise durables identifiés par Bocken *et al.* [14] ont été retenus :

- 1) maximiser l'efficacité énergétique et matérielle ;

- 2) créer de la valeur à partir de « déchets » ;
- 3) se substituer aux processus renouvelables et naturels ;
- 4) offrir des fonctionnalités plutôt que la propriété ;
- 5) adopter un rôle de gestion ;
- 6) encourager la suffisance ;
- 7) repenser l'entreprise pour la société/environnement ;
- 8) développer des solutions de mise à l'échelle.

- Au niveau du **modèle d'entreprise**, le *Business Model Canvas* [15] a été retenu, ainsi que son adaptation sur la dimension sociétale [16]. Il présente l'intérêt de représenter de façon simple et efficace le modèle économique d'une structure, c'est-à-dire ce qui est proposé par la structure, auprès de quels clients, dans quel but, de quelle manière, et pour quel bénéfice. Le *Triple-layered business model canvas* de Joyce [16] propose, quant à lui, de se questionner sur la création de valeur sociale du projet, la relation avec l'utilisateur final, la culture sociétale du projet, l'échelle de sensibilisation, l'organisation de l'entreprise et l'impact social du projet.

- Enfin, le **niveau opérationnel** repose sur la double approche « cycle de vie » et « multicritères ». L'approche en cycle de vie permet de considérer le produit ou le service tout au long de son cycle de vie (matières premières, production, fabrication, distribution, utilisation et fin de vie). L'approche multicritères traduit la complexité des enjeux environnementaux à travers différentes catégories d'impacts environnementaux.

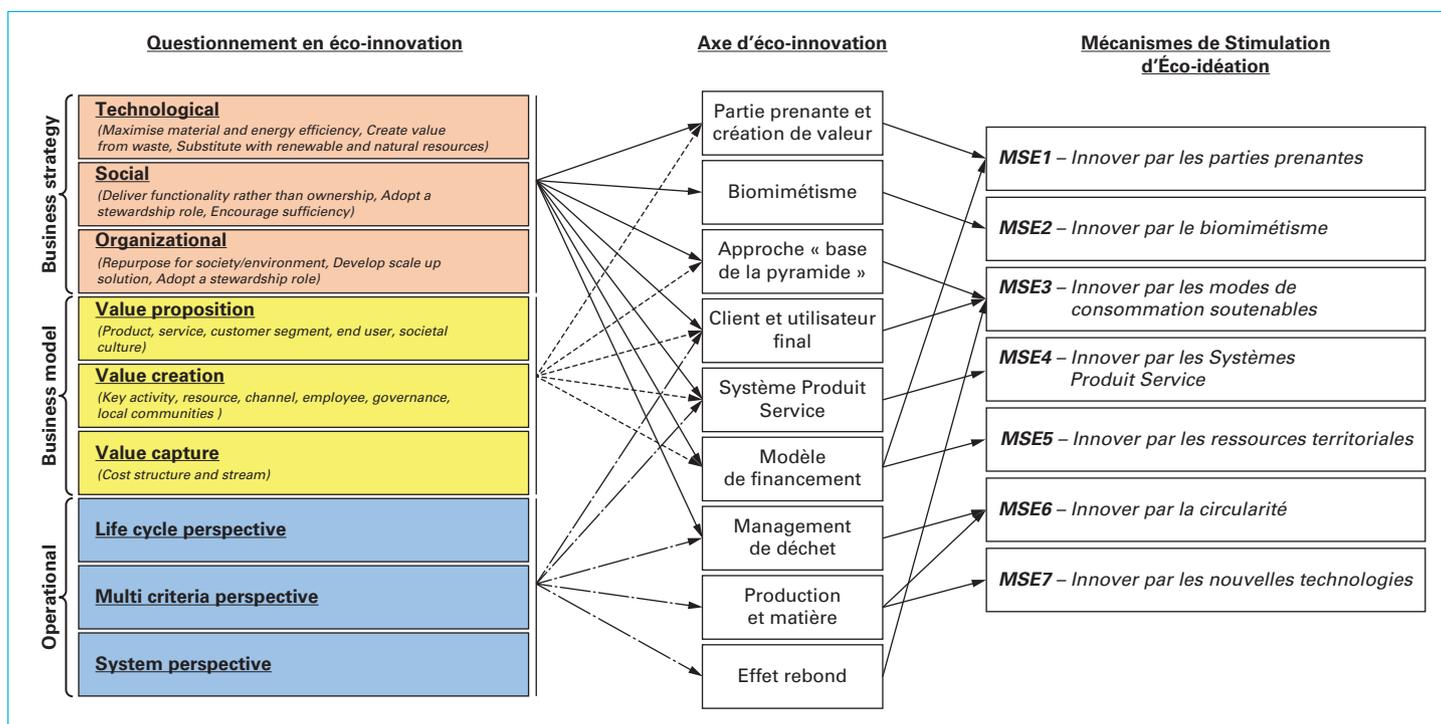


Figure 1 – Construction de la boîte à outils des Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation (MSE)

Tableau 2 – Description de la boîte à outils de MSE

MSE		Description
1	Innover par les parties prenantes	Ce mécanisme questionne le réseau de parties prenantes à travers la valeur créée pour l'utilisateur, l'environnement, la société, l'économie, et toute autre partie prenante significative
2	Innover par le biomimétisme	Ce mécanisme souligne les ressemblances entre les systèmes industriels humains et les systèmes naturels, en s'inspirant des stratégies de la nature pour faire naître et maintenir la vie
3	Innover par les modes de consommation soutenable	Ce mécanisme propose de questionner les usages non soutenables du système et d'ajuster le système aux utilisateurs finaux et aux spécificités du territoire (en termes de compétences, ressources, etc.)
4	Innover par les Systèmes Produit Service	Ce mécanisme pose la question de l'optimisation de la fonctionnalité de la matière et de l'énergie consommées par le système (augmentation de l'intensité d'usage, dématérialisation de l'offre) et de dissocier la propriété de l'acte de consommation
5	Innover par les ressources territoriales	Ce mécanisme questionne sur l'intégration des capitaux territoriaux dans la stratégie et la conception de projet. Il interroge ainsi sur le capital naturel (ressources, services écosystémique), l'écosystème industriel, le capital social (compétences), ainsi que le capital anthropique (infrastructure, moyens de production, financement)
6	Innover par la circularité	Ce mécanisme interroge sur les différentes possibilités de concevoir un système en boucle fermée, à travers des approches de recyclage, <i>remanufacturing</i> ou upgradabilité
7	Innover par les nouvelles technologies	Ce mécanisme questionne sur la possibilité d'intégrer de nouvelles technologies, de nouveaux process et organisations de fabrication des produits (fabrication additive, fablabs), de nouveaux matériaux (bio-matériaux, graphène...)

Comme illustré dans la figure 1, à partir de ces trois niveaux tra-
 duisant la diversité des champs de connaissance en éco-innovation
 (*Business Strategy, Business Model, Operations*), 9 axes d'éco-

innovation ont été identifiés. Chacun de ces axes a ensuite été tra-
 duit dans un jeu de 7 Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation
 (tableau 2).

Nous proposons de favoriser le déploiement de l'éco-innovation **dès les phases amont du projet** à l'aide de méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation didactiques et actionnables qui couvrent l'ensemble des axes de l'éco-innovation : les parties prenantes, le biomimétisme, les modes de consommation soutenable, les systèmes Produit Service, les ressources territoriales, la circularité, les nouvelles technologies.

2. Description de la démarche d'éco-innovation s'appuyant sur un ensemble cohérent de MSE

La première partie a permis de définir un jeu de 7 mécanismes de stimulation d'éco-idéation, tout en précisant la nécessité de proposer des mécanismes à un niveau dit « méso ». On va à présent aborder la démarche opérationnelle des mécanismes de stimulation, la structure générique des mécanismes, ainsi qu'une présentation détaillée de chaque mécanisme.

2.1 Démarche opérationnelle d'utilisation des MSE

La démarche d'éco-innovation proposée s'appuie sur le jeu de 7 MSE, et s'articule autour de 3 étapes génériques permettant d'accompagner efficacement le concepteur (figure 2). À la fin, un ou plusieurs concepts éco-innovants sont générés, issus de l'utilisation de plusieurs MSE. Chaque concept est issu d'un processus de maturation des idées et d'une évaluation positive par le groupe projet.

- Toute démarche débute par la rencontre avec l'entreprise qui a un besoin d'éco-innover. La première étape consiste à associer le problème spécifique de l'entreprise au choix de 2/3 MSE pour explorer de nouveaux concepts d'éco-innovation. Pour ce faire, il est important de réunir une équipe pluridisciplinaire de l'entreprise afin d'avoir une vision exhaustive du problème et de flécher au mieux les MSE associés. La démarche d'identification des MSE peut être directement opérée par l'équipe projet, ou être facilitée par une autre ressource clé, constituée d'une large base de cas d'éco-innovations. Cette base permet d'illustrer, d'inspirer et de guider vers le choix d'un ou plusieurs MSE.

- La deuxième étape consiste à explorer de nouveaux concepts éco-innovants en utilisant chacun des MSE retenus de manière indépendante. Le principe est de faire une exploration des possibles sans trop de contraintes, puis d'associer les solutions élémentaires en un concept global. Cette exploration indépendante par les MSE peut se matérialiser par différentes équipes qui travaillent en parallèle au cours d'une session, ou par une seule équipe qui travaille en plusieurs séquences.

- La troisième étape consiste à faire mûrir les concepts éco-innovants. Cette étape inclut une combinaison des concepts d'éco-innovation provenant du travail sur les différents MSE, ou l'utilisation de nouveau MSE face aux nouvelles problématiques engendrées.

À l'issue de ce processus, chaque concept généré doit être évalué afin de sélectionner les concepts les plus prometteurs, et éventuellement être enrichi par l'utilisation de nouveaux MSE. À nouveau, ce travail nécessite une équipe pluridisciplinaire pour prendre en compte les différentes dimensions de l'entreprise et du développement durable.

2.2 Structure et syntaxe commune des MSE

Bien que les MSE traitent de dimensions différentes sur le fond, ils présentent dans la forme une même structuration « méso » et un formalisme très proche. Cette trame commune permet de limiter le temps d'appropriation lors de l'utilisation d'un nouveau MSE par une équipe pluridisciplinaire, mais aussi de garantir la cohérence du jeu de mécanismes. Le point de départ d'un MSE est un concept peu mature ou une problématique de l'entreprise. Puis, le MSE est structuré selon le processus suivant :

- 1) caractérisation de l'état initial du système initial ;
- 2) identification des paramètres significatifs pour le raisonnement à l'aide d'une logique propre à chaque MSE ;
- 3) exploration des solutions élémentaires grâce à une ou des stratégie(s) de résolution/d'expansion (par le stimulus d'idéation proprement dit) ;
- 4) combinaison des solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin l'utilisation du MSE.

2.3 Descriptif du contenu des 7 MSE

■ MSE1 : innover par les parties prenantes

Ce mécanisme questionne le réseau de parties prenantes à travers la valeur créée pour l'utilisateur, l'environnement, la société, l'économie, et toute autre partie prenante significative.

Il s'inspire des travaux de Bocken [10] et Real [11].

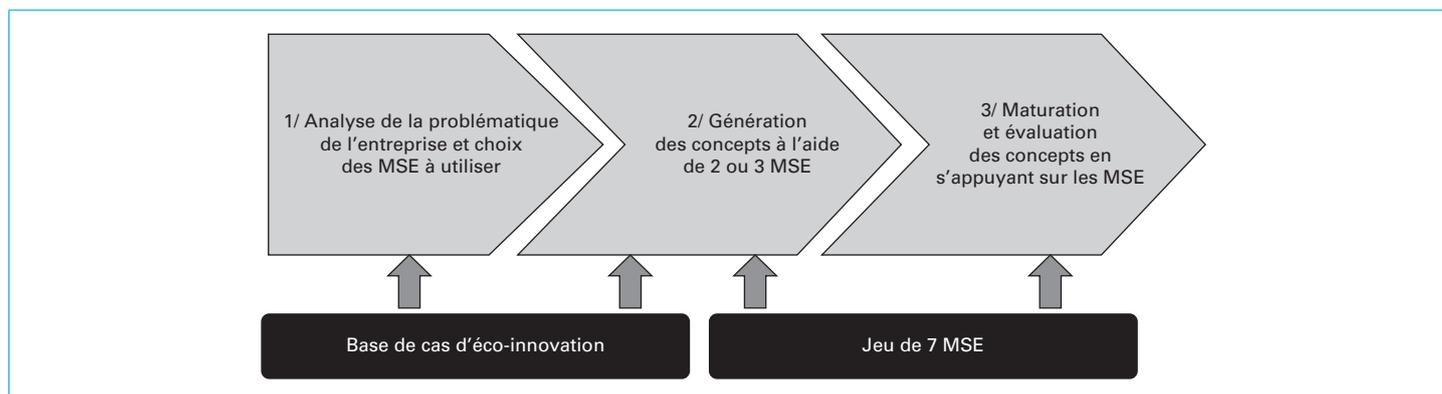


Figure 2 – Démarche opérationnelle d'utilisation des MSE

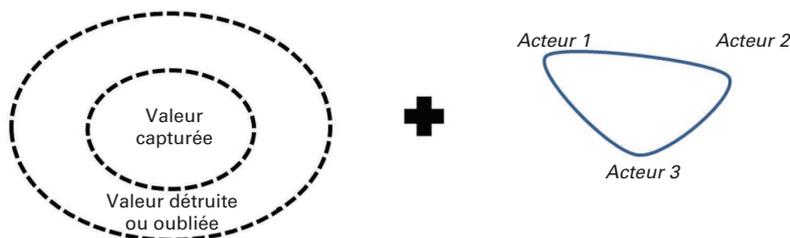


Innover par les parties prenantes

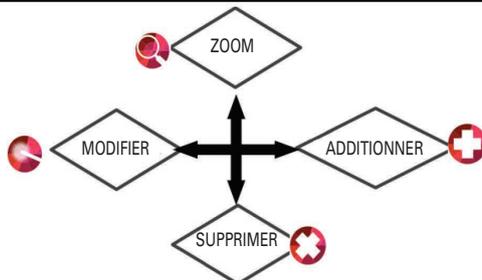
Caractérisation de l'état initial d'un système :
Identifier les différentes parties prenantes liées au système



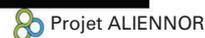
Identification des paramètres significatifs :
Identifier la valeur capturée, détruite et les relations entre acteurs (compatible ou non)



Génération d'idées :
Transformer la valeur détruite ou oubliée en création de valeur



Combiner les idées élémentaires et itérer



• **Caractérisation de l'état initial d'un système**

Ce mécanisme propose d'identifier les différentes parties prenantes liées au système de manière directe ou indirecte : consommateur, société, fournisseur, utilisateur, environnement, acteurs publics, etc.

• **Identification des paramètres significatifs**

Pour chaque partie prenante, le MSE propose d'identifier trois paramètres significatifs :

- identifier en quoi le système a de la valeur pour la partie prenante en question ; cette valeur peut être d'ordre environnemental, social, économique, d'usage, etc. ;
- identifier en quoi le système détruit ou oublie de la valeur pour la partie prenante ;

- identifier les relations entre les parties prenantes : relations compatibles (si les intérêts entre les parties prenantes sont communs) ou incompatibles.

• **Génération d'idées**

Consiste ici à revisiter le réseau de parties prenantes en transformant la valeur détruite ou oubliée en opportunité. Pour cela, quatre opérateurs sont à disposition :

- « Zoomer » propose de se mettre à la place d'une partie prenante ou d'un type de partie prenante ;
- « Ajouter » incite à identifier de nouvelles parties prenantes à intégrer au sein du concept et à se projeter sur les effets provoqués par cette décision ;
- « Supprimer » permet l'identification de parties prenantes susceptibles de bloquer le bon développement du concept et propose

au groupe de se mettre dans une situation où ces acteurs disparaîtraient ;

– « Modifier » encourage à modifier les relations entre parties prenantes. En fonction du contexte, le groupe pourra alors reconsidérer les flux échangés entre parties prenantes, leur proximité, leur niveau d'autonomie, leur mode de gouvernance ainsi que les valeurs qu'elles partagent.

• Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

MSE2 : innover par le biomimétisme

Ce mécanisme souligne les ressemblances entre les systèmes industriels humains et les systèmes naturels, en s'inspirant des stratégies de la nature pour faire naître et maintenir la vie.

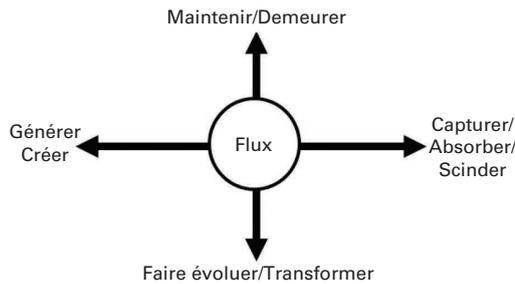


Innover par le Biomimétisme

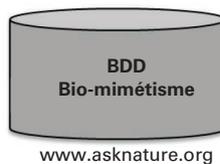
Caractérisation de l'état initial d'un système :
Cartographier les flux à l'origine d'impacts environnementaux significatifs du système



Identification des paramètres significatifs :
Identifier pour chaque flux les problématiques sur le modèle du monde vivant



Génération d'idées :
Raisonnement par analogie de la biologie à la conception



Consulter des sources d'inspiration

- Interroger le moteur de recherche d'une base de données (Asknature.org)
- Échanger avec des naturalistes, biologistes ou des bio-ingénieurs

Combiner les idées élémentaires et itérer



• Caractérisation de l'état initial d'un système

Ce mécanisme propose de caractériser les flux à l'origine d'impacts environnementaux significatifs dans le système, en distinguant :

- les flux physiques : énergie, matière, eau, gaz, etc. ;
- les flux d'information.

• Identification des paramètres significatifs

Pour chaque flux, le MSE permet d'identifier les enjeux sous forme de deux polarités, qui caractérisent des processus naturels à l'œuvre dans la nature. Ces polarités mettent en balance :

- la fonction « Maintenir/Demeurer » et la fonction « Faire évoluer/Transformer ». Quels sont les flux significatifs devant être maintenus tout en faisant évoluer d'autres flux ?

– la fonction « Générer/Créer » et la fonction « Capturer/Absorber/Scinder ». Quels sont les flux significatifs devant être créés ou absorbés ?

- Génération d'idées

En réponse aux problématiques identifiées et traduites à l'étape précédente, des stratégies inspirées du monde animal ou végétal doivent être choisies. Ces stratégies peuvent être identifiées :

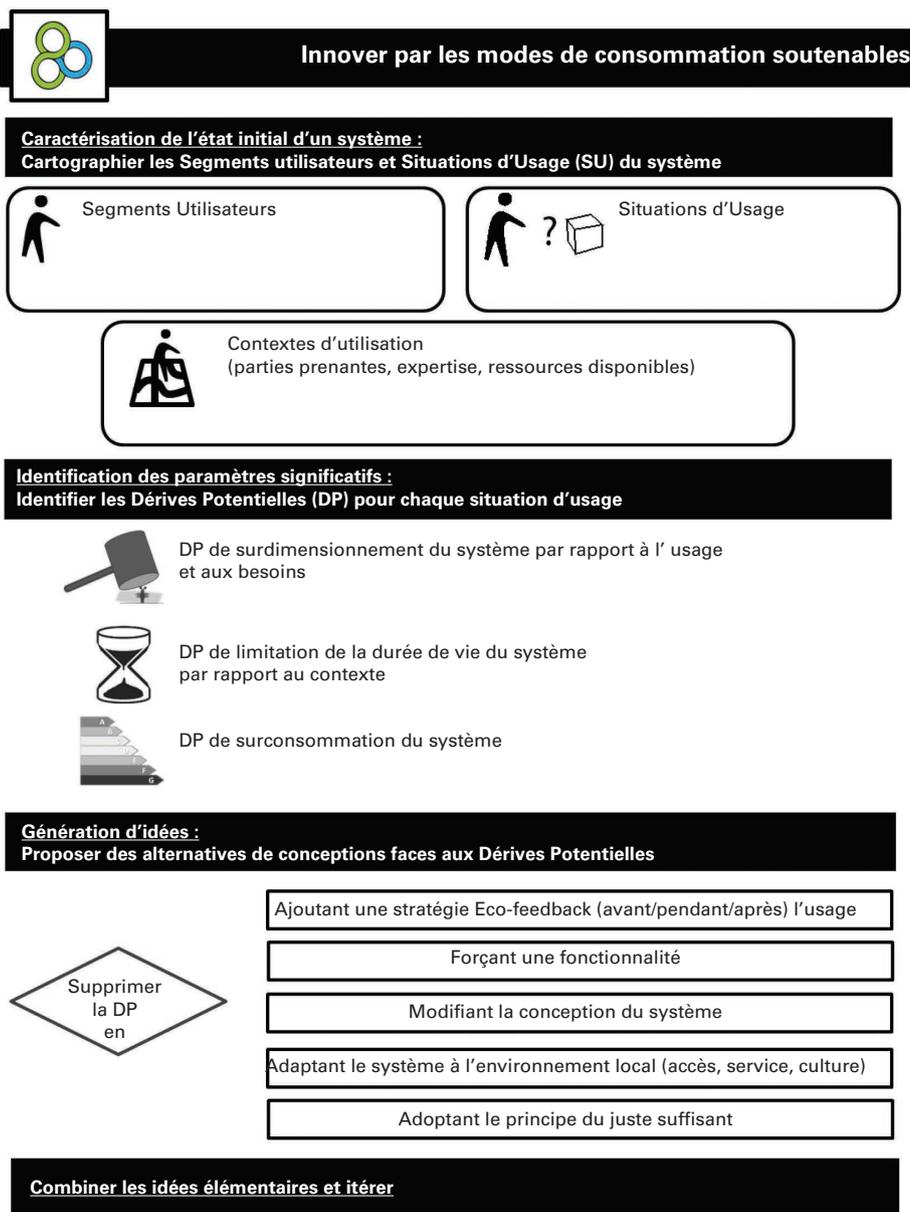
– grâce au moteur de recherche d'une base de données, par exemple Asknature (www.asknature.org) ;

– lors d'échange avec des naturalistes, biologistes ou encore des bio-ingénieurs.

- Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

■ MSE3 : innover par les modes de consommation soutenable

Ce mécanisme propose de questionner les usages non soutenables du système, d'ajuster le système au besoin des utilisateurs finaux et de les inciter à la frugalité.



- Caractérisation de l'état initial d'un système

Ce mécanisme propose de cartographier les différents segments utilisateurs pour identifier les différentes situations d'usage (SU) du système. Ces situations d'usage se caractérisent par un lieu, un moment et une action d'usage. Ce peut être la recharge électrique

d'un appareil, son usage en mode intensif, en extérieur, la nuit, sa maintenance, etc. ainsi que le contexte d'utilisation. En parallèle, le concepteur est invité à caractériser les environnements sociotechniques (parties prenantes primaires et secondaires qui peuvent affecter le mode de consommation du produit, ressources disponibles, etc.) [14].

- Identification des paramètres significatifs

Pour chaque SU, le MSE propose d'identifier les Dérives potentielles (DP) qui sont de trois ordres :

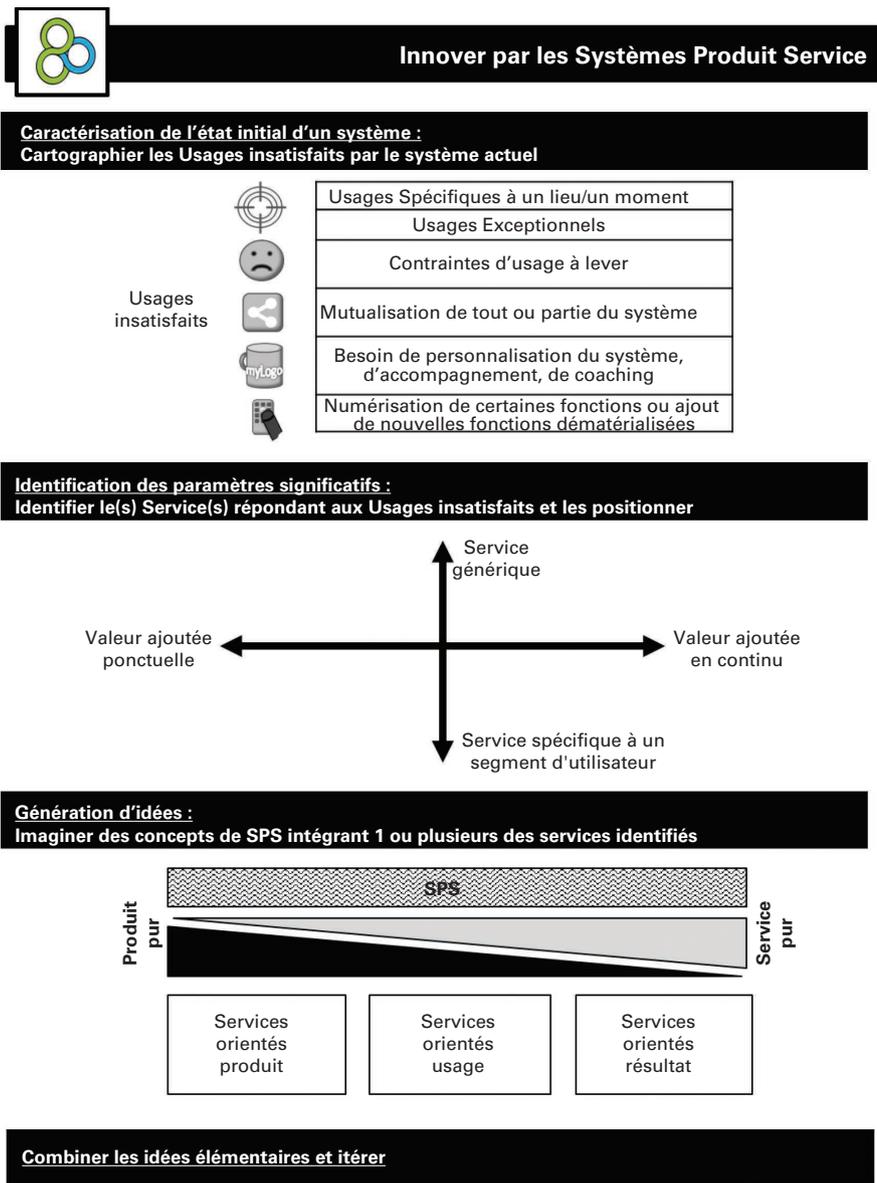
 - DP relatives au surdimensionnement du système par rapport à l'usage effectif, que ce soit un usage générique ou spécifique, et aux besoins réels. Ce type de dérive rejoint les concepts de frugalité, de *low-tech*, d'utilité du système ;
 - DP qui influent négativement sur la durée de vie du système, que ce soit techniquement (comme l'usure prématurée d'un composant dû à un usage non prescrit), ou par rapport à l'environnement sociotechnique (absence de ressources, infrastructures ou compétences disponibles permettant d'assurer une durée de vie optimale du produit) ;
 - DP qui influent négativement sur la consommation de flux physiques (énergie, eau...) du système.
- Génération d'idées

Consiste ici à limiter/supprimer les dérives potentielles identifiées :

- en ajoutant un stratagème d'éco-usage, c'est-à-dire en influant sur la conscience de l'utilisateur de son usage pour qu'il le modifie *in fine* ;
- en forçant une fonctionnalité du produit ;
- en modifiant une partie de la conception du système ;
- en modifiant la conception même du système ;
- en adaptant le système à l'environnement local (accès, service, culture) ;
- en adoptant le principe de juste suffisant.
- Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

■ MSE4 : innover par les Systèmes Produit Service (SPS)

Ce mécanisme pose la question de l'optimisation de la fonctionnalité de la matière (dématérialisation de l'offre par l'ajout de service) et de la dissociation propriété/acte de consommation.



• Caractérisation de l'état initial d'un système

Ce mécanisme propose d'identifier les différents usages insatisfaits par le système actuel parce qu'ils sont trop spécifiques, nouveaux ou qu'ils génèrent aujourd'hui trop de contraintes :

- usages spécifiques à un lieu ou un moment ;
- usages exceptionnels ;
- phases contraignantes de l'usage actuel à lever ;
- nouveaux usages de mutualisation/partage des objets ;
- besoins de personnalisation, d'accompagnement de l'usage, de coaching ;
- nouveaux usages provenant de la numérisation de certaines fonctionnalités ou de fonctionnalités dématérialisées.

• Identification des paramètres significatifs

Pour chaque usage insatisfait répertorié, identifier un ou plusieurs services qui permettraient de le satisfaire, puis positionner ces services sur le graphe à deux axes suivant :

- un axe spécifiant si la valeur ajoutée du service est ponctuelle, en discontinu ou en continu ;
- un axe spécifiant si le service est générique à l'ensemble des utilisateurs ou s'il vise uniquement à satisfaire un segment précis d'utilisateurs.

• Génération d'idées

Consiste ici, pour chaque service identifié, à imaginer des offres de type SPS intégrant un ou plusieurs des services identifiés et de préciser le mode de rémunération :

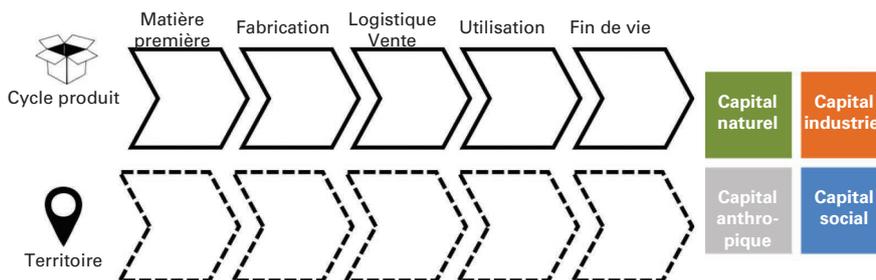
- les services orientés produit prennent la forme de service ajouté à une classique vente marchande de produit ;
- les services orientés usage ou résultat sous-tendent une transaction sans cession de propriété, contractualisée respectivement en fonction du temps d'usage d'un appareil ou de la quantité consommée d'un résultat.

• Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

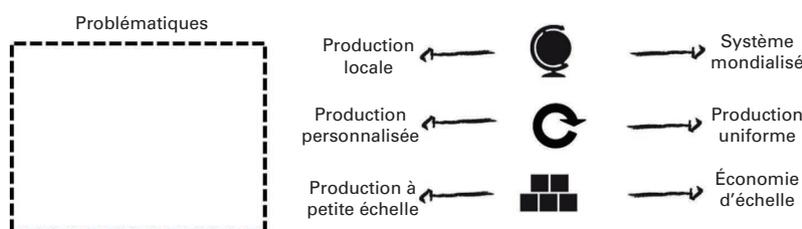
■ MSE5 : innover par les ressources territoriales

Innover par les ressources territoriales

Caractérisation de l'état initial d'un système : Identifier les sites de productions et de consommation du système



Identification des paramètres significatifs : Formaliser des problématiques sur 3 axes



Génération d'idées : Faire varier le système actuel afin de résoudre les contradictions

- Variation dans le temps** : le système doit-il avoir les mêmes propriétés tout le temps ?
- Variation dans l'espace** : le système doit-il avoir les mêmes propriétés dans tous les endroits ?
- Variation dans le système** : tous les éléments du système doivent-ils avoir les mêmes propriétés ?

Combiner les idées élémentaires et itérer

Ce mécanisme questionne sur l'intégration des capitaux territoriaux dans la stratégie et la conception de projet. Il interroge ainsi sur le capital naturel (ressources, services écosystémiques), l'écosystème industriel, le capital social (compétences), ainsi que le capital anthropique (infrastructure, moyens de production, financement).

• Caractérisation de l'état initial d'un système

Ce mécanisme propose d'identifier les différents sites de production et de consommation sur le cycle de vie du produit/service. Pour chacun des sites, ce MSE interroge le concepteur sur les différents capitaux territoriaux qui sont exploités :

- capital naturel : services écosystémiques, ressources naturelles ;
- capital anthropique : les infrastructures et installations ;
- capital industriel : les moyens de production ;
- capital social : les relations avec les parties prenantes, les valeurs, la culture.

• Identification des paramètres significatifs

Pour chaque site, le MSE propose d'identifier les enjeux significatifs liés au territoire autour de 3 contradictions :

- qu'est-ce qu'un produit local dans un système globalisé ?
- quelle est l'échelle de production appropriée pour réduire l'impact environnemental ?
- quel est le niveau de personnalisation du produit/service pour réduire l'impact environnemental ?

• Génération d'idées

S'articule ici autour des principes de résolution de la méthode TRIZ :

- principe de variation dans l'espace ; peut-on faire varier les propriétés du système en fonction du territoire dans lequel il se situe ?
- principe de variation dans le temps ; peut-on faire varier les propriétés du système dans le temps ?
- principe de variation dans les niveaux du système ; tous les modules du système doivent-ils avoir les mêmes propriétés ?

• Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

■ MSE6 : innover par la circularité

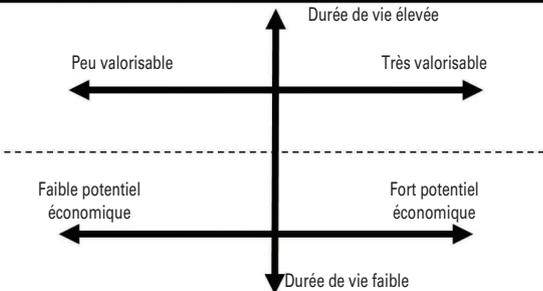


Innover par la circularité

Caractérisation de l'état initial d'un système :
 Cartographier les Modules physiques constituant le système et spécifier ceux limitant l'amélioration de la durée de vie ou les taux de valorisation du système en fin de vie

Modules limitant la durée de vie car pas assez fiables et/ou trop vite obsolètes
Modules limitant la réutilisation car difficile à extraire
Modules limitant la valorisation car non homogènes (matériaux, durée de vie et obsolescence des composants)
Modules non recyclables car matériaux non recyclables
Modules insensibles à l'usure et à l'obsolescence

Identification des paramètres significatifs :
 Identifier le potentiel de chaque module (durée de vie et fin de vie)



Génération d'idées :
 Faire varier les scénarios de gestion de modules (durée de vie et fin de vie)

Variation dans le temps : Peut-on réparer/upgrader des modules pour étendre la durée de vie du système

Variation dans l'espace : Peut-on réparer/upgrader des modules en vue d'une réutilisation dans un autre système ? Récupérer/recycler des modules en fin des vies du système ?

Variation dans le système : Peut-on scinder un module en plusieurs pour faciliter la réutilisation/réparation/upgradabilité/recyclabilité ? Changer les matériaux de tout ou partie ?

Combiner les idées élémentaires et itérer

Ce mécanisme interroge sur les différentes possibilités de concevoir un système avec une optimisation de l'usage de matière, par l'allongement de la durée de vie ou par des flux de matériaux en boucle fermée, à travers des approches de recyclage, remanufacturing, ou d'upgradabilité.

- Caractérisation de l'état initial d'un système

Ce mécanisme propose de cartographier les modules physiques constituant le système et de spécifier parmi eux :

- les modules qui limitent la durée de vie du système car ils ne sont pas assez fiables et/ou trop vite obsolètes ;
- les modules qui limitent leur réutilisation car trop difficiles à extraire (pour opération de contrôle, nettoyage...) ;
- les modules qui limitent la valorisation car ils ne sont pas homogènes (matériaux non compatibles, durée de vie des composants très disparates, obsolescence des composants différente) ;
- les modules non recyclables car leur(s) matériau(x) ne sont pas recyclables ;
- les modules insensibles à l'usure et à l'obsolescence.

- Identification des paramètres significatifs

Pour chaque module d'une architecture, le MSE propose d'identifier deux paramètres significatifs autour des contradictions :

- quelle corrélation entre le niveau de valorisation en fin de vie du module (« réutilisable », recyclable ou pas pour un module à longue durée de vie ; recyclable ou pas pour un module à faible durée de vie) et la durée de vie du module (proche de celle du système actuel ou bien plus importante) ?

- quelle corrélation entre le potentiel économique associé au module et la durée de vie du module ?

- Génération d'idées

Consiste ici à faire varier les scénarios de gestion des modules en considérant les principes suivants :

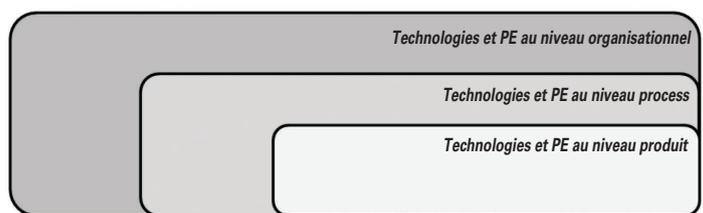
- variation dans le temps ; peut-on réparer/upgrader des modules pour étendre la durée de vie du système ?
- variation dans l'espace ; peut-on réparer/upgrader des modules en vue d'une réutilisation dans un autre système ? Peut-on récupérer/recycler des modules en fin de vie du système ?
- variation dans les niveaux du système ; peut-on scinder un module en plusieurs pour faciliter la réutilisation/réparation/upgradabilité/recyclabilité ? Changer les matériaux en tout ou partie ?

- Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

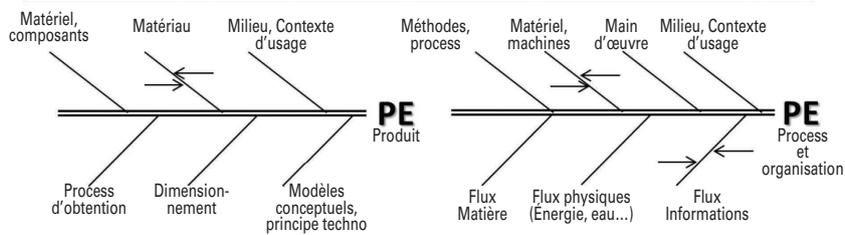
■ MSE7 : innover par les nouvelles technologies

Innover par les nouvelles technologies

Caractérisation de l'état initial d'un système :
Cartographier les Problématiques « environnementales » (PE) et technologies en jeu pour chaque niveau fonctionnel du système considéré (produit/process/organisation)



Identification des paramètres significatifs :
Identifier les Causes de chacune de ces Problématiques « Environnementales » (PE)



Génération d'idées :
Proposer des nouveaux concepts de technologie pour répondre aux PE identifiées



Combiner les idées élémentaires et itérer



Parution : novembre 2017 - Ce document a été délivré pour le compte de 7200043660 - centralesupelec // 138.195.233.38

Ce mécanisme questionne sur la possibilité d'intégrer de nouveaux process, de nouvelles formes d'organisation (fabrication additive...), de nouveaux matériaux (bio-matériaux, graphène...), de nouvelles technologies plus efficaces ou de nouveaux modèles conceptuels (nouveau principe physique...).

- Caractérisation de l'état initial d'un système

Ce mécanisme propose d'identifier les différentes technologies et problématiques environnementales associées pour chaque bloc fonctionnel du système, c'est-à-dire :

- les technologies et problématiques environnementales associées au niveau organisationnel (qui consomment du temps, de l'énergie, de la matière...);
- les technologies et problématiques environnementales au niveau process (qui consomment du temps, de l'énergie, de la matière...);
- les technologies et problématiques environnementales au niveau produit (matière non recyclable, matériau polluant, module difficile à extraire, connaissance du personnel insuffisante pour conseiller...).

- Identification des paramètres significatifs

En face de chacune de ces problématiques « environnementales », le MSE propose d'identifier l'ensemble des causes :

- aspects Milieu-contexte d'usage, Matériau, Matériel-composants, Process d'obtention, Dimensionnement et Modèles conceptuels-principes techno pour les problématiques en lien avec un système « Produit »;
- aspects Milieu-contexte d'usage, Main-d'œuvre, Matériel-machines, Méthodes-process, Flux matière, Flux physiques et Flux d'informations pour les problématiques en lien avec un système « Organisation ».

- Génération d'idées

Consiste ici à imaginer des solutions aux causes relevées pour chacune des problématiques environnementales en consultant les nouvelles tendances technologiques de conception et/ou d'organisation du secteur industriel considéré et de l'industrie et de la société

en général sur des sites Internet de veille ou sur des salons professionnels notamment.

- Combiner les solutions élémentaires pour obtenir des associations de solutions, et itérer si besoin.

3. Exemple d'utilisation d'un MSE sur un projet d'innovation d'appareillage domestique

Le MSE4 « innover par les Systèmes Produit Service » a été testé dans le cas d'un aspirateur balai sans fil, utilisé dans des appartements de petite surface et commercialisé suivant un modèle marchand. L'intention est d'explorer la possibilité de vente sans cession de propriété, ce qui sous-tend notamment une récupération de l'appareil en fin de vie plus aisée.

3.1 Caractérisation de l'état initial d'un système

Dans le MSE4 « innover par les Systèmes Produit Service », la première étape du processus consiste à identifier les usages insatisfaisants du système actuel, c'est-à-dire les usages spécifiques, contraignants et nouveaux. La deuxième colonne du tableau 3 présente l'exploration de ces différentes insatisfactions.

3.2 Identification des paramètres significatifs

La deuxième étape a pour but d'identifier un service associé à l'appareil répondant à chaque usage insatisfait. Le tableau 4 illustre les résultats de ce travail. Certains services entrent dans la sphère directe d'un aspirateur (optimisation de l'usage...) alors que

Tableau 3 – Résultats de la cartographie des usages insatisfaits pour l'aspirateur

Catégories d'usages insatisfaits		Num.	Mon appareil est insatisfaisant...
	Spécifiques à un lieu/ un moment	1	...pour un usage ponctuel (nettoyer sa voiture, sous les meubles, lors de travaux...)
		2	...pour un usage spécifique (travaux, fête de famille, pour l'extérieur...)
	Exceptionnels	3	...pour un usage exceptionnel comme l'aspiration après un mariage
	Contraintes d'usage à lever	4	...si une personne âgée fait un malaise
		5	...car il faut prévoir la fourniture de filtre, brosse...
	Mutualisation de tout ou partie du système	6	...car cela reste une « corvée » que de l'utiliser
		7	...car tous mes voisins ont le même et qu'on ne l'utilise pas en même temps

Tableau 3 – Résultats de la cartographie des usages insatisfaits pour l'aspirateur (suite)

Catégories d'usages insatisfaits		Num.	Mon appareil est insatisfaisant...
	Besoin de personnalisation du système, d'accompagnement, de coaching	8	...car je n'ai aucun conseil d'optimisation sur ma pratique, il y a juste un bouton ON/OFF
		9	...car c'est fatigant alors même que je ne suis pas en train de faire du sport
	Numérisation de certaines fonctions ou ajout de nouvelles fonctions dématérialisées	10	...car je n'ai aucune information sur la qualité de l'air et la propreté des sols
		11	...car mon appareil trône dans un coin de la pièce sans qu'il serve à autre chose

Tableau 4 – Liste des services répondant aux usages insatisfaits pour un aspirateur

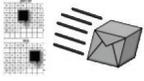
Usage insatisfaisant	Identification d'un nouveau service	Logo
1	Service « Play and Send » J'utilise des options (pour nettoyage voiture...) et je renvoie l'ensemble à l'utilisateur suivant	
2	Conciergerie pour usages spécifiques (aspiration après des travaux, pour l'extérieur...)	
3	Conciergerie pour usages et lieux exceptionnels (aspiration après un mariage...)	
4	Système d'alerte malaise pour personnes âgées (avec bouton d'appel sur l'appareil)	
5	Service d'envoi de consommables à fréquence régulière (filtre, brosse...)	
6	Jeu de réalité augmentée Pour alléger le ressenti de « corvée » par le jeu (Pac-Man, chasse au trésor...)	
7	Aspi-lib ou le partage d'aspirateur en résidence universitaire ou toute autre résidence	
8	Optimisation de l'utilisation de l'aspirateur Gestion consommables, tableau de bord de consommation énergétique, coaching efficacité...	
9	Aspi-Tonic ou des exercices avec aspirateur en fonction mais aussi à l'arrêt (avec capteur de dépense de calories)	

Tableau 4 – Liste des services répondant aux usages insatisfaits pour un aspirateur (suite)		
Usage insatisfaisant	Identification d'un nouveau service	Logo
10a	Informersur la qualité de l'air (avec capteur hygrométrie, allergènes, CO, pollen...)	
10b	Informersur la propreté des sols (avec capteurs de poussière, acariens, poils de chat...)	
11	Service « surveillance et sécurité » en ajoutant un système de caméra et détecteur de présence	

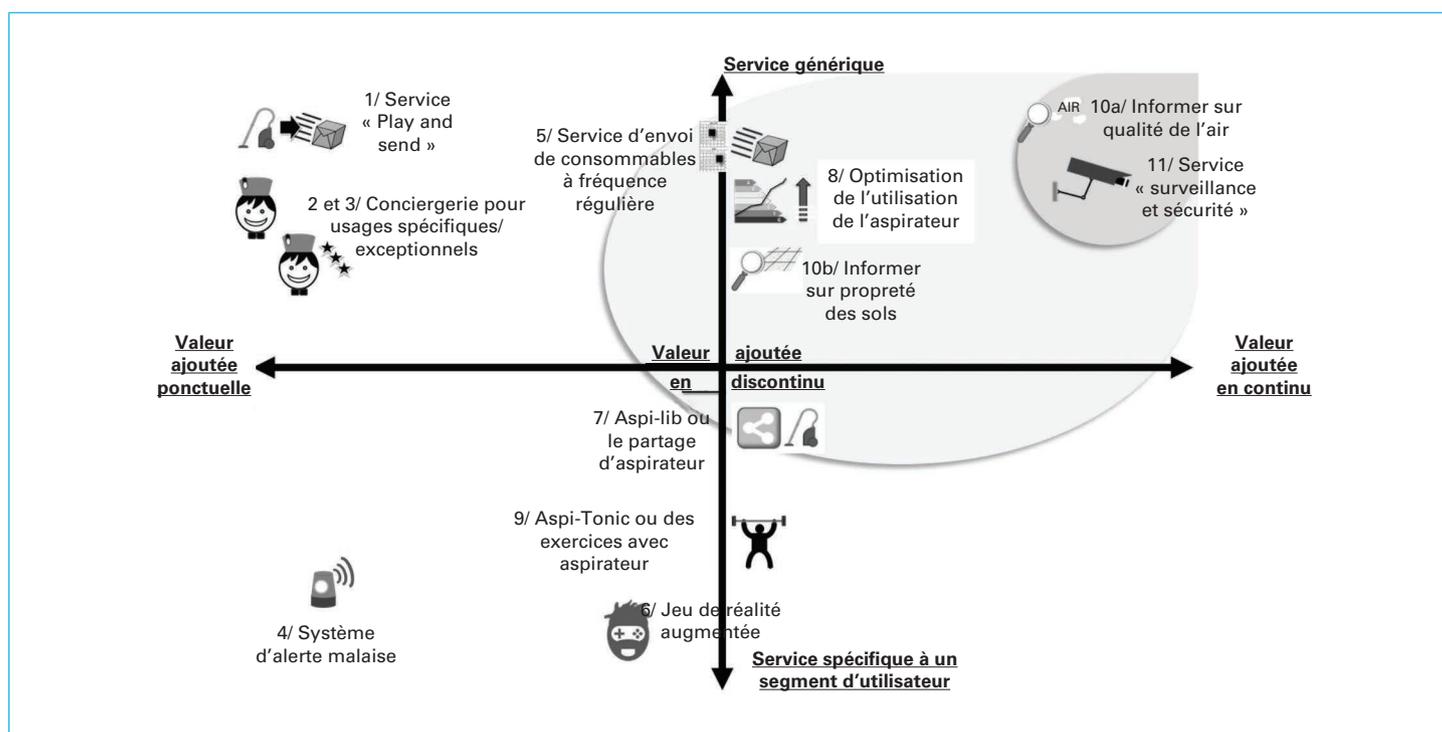


Figure 3 – Caractérisation de la valeur pour les clients des idées de services pour un aspirateur

d'autres initient un périmètre innovant, et apportent de nouvelles fonctionnalités/prestations (surveillance...).

Pour chaque opportunité de nouveau service, il convient de caractériser la récurrence de la valeur ajoutée pour le consommateur et la généralité de la clientèle concernée. Une forte valeur ajoutée visant l'ensemble de la clientèle est souhaitable. Mais le critère de récurrence est décisif dans l'optique d'un service permettant de basculer vers une offre de service. En effet, un service ponctuel aura tendance à se traduire par une transaction ponctuelle parallèle à l'achat de l'appareil alors qu'un service qui répond à un besoin en continu (surveillance, accès Internet...) sous-tend un accès au service en continu et un changement du type de transaction.

La figure 3 présente les résultats pour les services identifiés en lien avec un aspirateur. Les services liés à la qualité de l'air ont

une forte valeur, même si la multiplication de capteurs pour assurer une mesure précise minimise la faisabilité, et impliquent des impacts environnementaux à ne pas négliger lors du bilan global. Les services liés à la surveillance sont également intéressants en ce qui concerne l'ajout de valeur ajoutée en continu, même s'ils sortent du périmètre traditionnel d'un aspirateur.

3.3 Génération d'idées

En troisième étape, il est généré pour chaque opportunité de nouveau service ou mix de nouveaux services qui peuvent être associés à l'offre actuelle, une solution de SPS avec son mode de contractualisation. La figure 4 présente certaines solutions pour l'aspirateur.

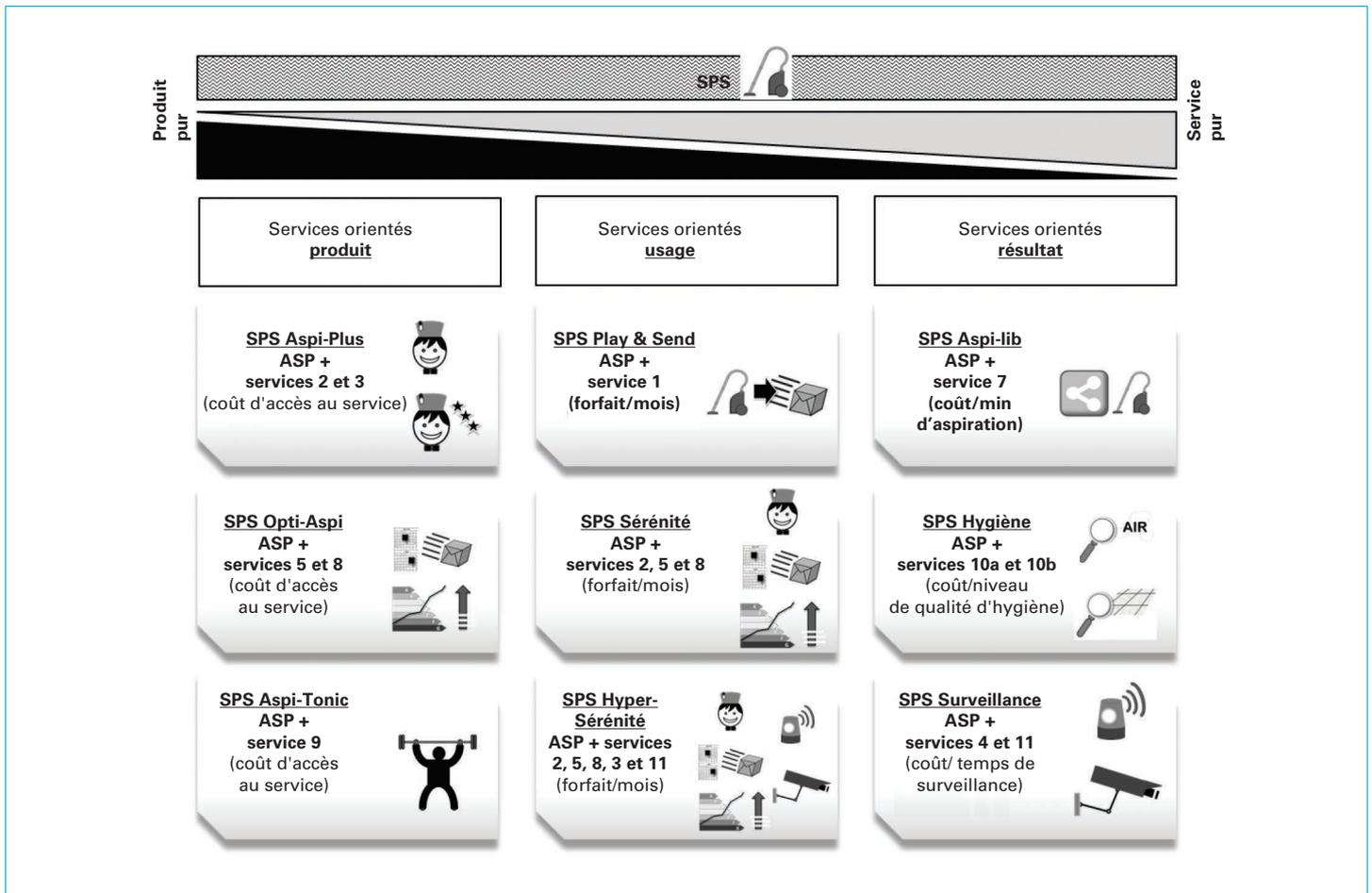


Figure 4 – Résultats de la génération d'idées de SPS pour un aspirateur

Ce travail sur un aspirateur balai illustre les possibilités d'exploration qu'offre un MSE pour éco-innover. L'équipe de conception pluridisciplinaire devra ensuite enrichir, évaluer, tester, combiner... ces concepts pour les développer et les rendre matures.

4. Conclusion

Cet article apporte une contribution sur la manière d'accompagner la phase d'éco-idéation afin de générer des concepts éco-innovants. La notion de méso-mécanisme d'éco-idéation se décline au travers d'un ensemble multidimensionnel, original et opérationnel de 7 MSE, s'inspirant d'approches reconnues issues de la littérature scientifique.

Le MSE sur l'innovation par les Systèmes Produit Service (SPS) illustré en détail par le cas d'un aspirateur illustre cette approche, sur le fond et la forme.

On complètera par une description de l'approche méthodologique permettant :

- de présenter un cas illustratif pour l'ensemble des MSE, à l'instar de cet exemple d'utilisation d'un MSE sur un projet d'innovation d'appareillage domestique ;
- d'affiner le processus de choix des MSE à mobiliser lors d'une intervention en entreprise. La discussion informelle sur la problé-

matique de l'entreprise avec un groupe pluridisciplinaire pourrait être complétée par un questionnaire de « diagnostic éco-innovation » ou par la consultation d'une base de cas d'éco-innovations jugés inspirants pour le cas traité ;

– d'évaluer le niveau de maturité des concepts d'éco-innovation développés et les critères d'évaluation « locaux » et « globaux » pour sélectionner les concepts les plus prometteurs.

Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'un projet soutenu par l'Agence nationale de la recherche (projet ALIENNOR ANR-15-CE10-0001).

5. Glossaire

Éco-innovation

Innovation centrée majoritairement sur la dimension environnementale mais intégrant des aspects économiques et sociaux, et qui améliore de manière significative la performance durable globale d'un produit tout au long de son cycle de vie et à un haut niveau systémique.

Éco-idéation

Phase de génération d'idées à fortes ambitions environnementales, sur l'ensemble du cycle de vie du système de référence, en vue de la génération d'éco-innovations.

Éco-innover à l'aide de méso Mécanismes de Stimulation d'Éco-idéation (MSE)

par **Benjamin TYL**

Docteur en mécanique et ingénierie
APESA

Olivier PIALOT

Docteur en génie industriel
Laboratoire QUARTZ, Supmeca

Flore VALLET

Docteur en mécanique avancée
Centrale Supélec, Laboratoire génie industriel, Université Paris-Saclay
IRT SystemX, Paris-Saclay

et **Dominique MILLET**

Professeur en génie industriel
Laboratoire COSMER, SeaTech

Sources bibliographiques

- [1] FUSSLER (C.) et JAMES (P.). – *Driving eco-innovation*. London : Pitman (1996).
- [2] O'HARE (J.A.), MCALOONE (T.C.), PIGOSSO (D.C.A.) et HOWARD (T.J.). – *Eco-Innovation Manual – Tools instruction*. United Nations Environment Programme/DTU (2014).
- [3] BOCKEN (N.M.P.), ALLWOOD (J.M.), WILLEY (A.R.) et KING (J.M.H.). – *Development of an eco-ideation tool to identify stepwise greenhouse gas emissions reduction options for consumer goods*. Journal of Cleaner Production, 19(12), p. 1279-1287 (2011).
- [4] BREZET (H.) et VAN HEMEL (C.). – *Ecodesign : a promising approach to sustainable production and consumption*. UNEP, Paris (1997).
- [5] ALTSHULLER (G.S.). – *Creativity as an exact science*. Gordon and Breach, ISSN 0275-5807, New York (1988).
- [6] KOBAYASHI (H.). – *A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning*. Advanced Engineering Informatics, 20, p. 113-125 (2006).
- [7] BOGATYREV (N.) et BOGATYREVA (O.). – *BioTRIZ : a win-win methodology for eco-innovation*. In Eco-Innovation and the Development of Business Models, Springer International Publishing, p. 297-314 (2014).
- [8] JONES (E.). – *Eco-innovation : tools to facilitate early-stage workshop*. PhD Thesis Department of Design, Brunel University (2003).
- [9] TYL (B.). – *L'apport de la créativité dans les processus d'éco-innovation. Proposition de l'outil EcoASIT pour favoriser l'éco-idéation de systèmes durables*. PhD thesis, Université Bordeaux 1, Bordeaux, France (2011).
- [10] BOCKEN (N.M.P.), SHORT (S.), RANA (P.) et EVANS (S.). – *A value mapping tool for sustainable business modelling*. Corporate Governance, 13(5), p. 482-497 (2013).
- [11] REAL (M.). – *Accompagner la maturation des concepts éco-innovants – Proposition de la méthode MIRAS, pour aider à surmonter les fixations collectives et explorer les réseaux de parties prenantes*. PhD thesis, Université de Bordeaux (2015).
- [12] TYL (B.), LEGARDEUR (J.), MILLET (D.) et VALLET (F.). – *A comparative study of ideation mechanisms used in eco-innovation tools*. Journal of Engineering Design, 25(10-12), p. 325-345 (2014).
- [13] YANG (C.J.) et CHEN (J.L.). – *Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrates case-based reasoning and TRIZ method*. Journal of Cleaner Production, 19, p. 998-1006 (2011).
- [14] BOCKEN (N.), SHORT (S.), RANA (P.) et EVANS (S.). – *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*. Journal of Cleaner Production, 65, p. 42-56 (2014).
- [15] OSTERWALDER (A.) et PIGNEUR (Y.). – *Business model generation : a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey (2010).
- [16] JOYCE (A.) et PAQUIN (R.L.). – *The triple layered business model canvas : A tool to design more sustainable business models*. Journal of Cleaner Production, 135, p. 1474-1486 (2016).
- [17] LECOMTE (C.). – *Ingénierie frugale pour les bases de la Pyramide : concevoir des produits ouverts pour des contextes multiples*. PhD thesis, Université de Grenoble (2014).

À lire également dans nos bases

[IN 206] Créativité en éco-innovation.

GAGNEZ DU TEMPS ET SÉCURISEZ VOS PROJETS EN UTILISANT UNE SOURCE ACTUALISÉE ET FIABLE

Techniques de l'Ingénieur propose la plus importante collection documentaire technique et scientifique en français !

Grâce à vos droits d'accès, retrouvez l'ensemble des **articles et fiches pratiques de votre offre, leurs compléments et mises à jour,** et bénéficiez des **services inclus.**



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS



MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- **+ de 350 000 utilisateurs**
- **+ de 10 000 articles de référence**
- **+ de 80 offres**
- **15 domaines d'expertise**

- Automatique - Robotique
- Biomédical - Pharma
- Construction et travaux publics
- Électronique - Photonique
- Énergies
- Environnement - Sécurité
- Génie industriel
- Ingénierie des transports
- Innovation
- Matériaux
- Mécanique
- Mesures - Analyses
- Procédés chimie - Bio - Agro
- Sciences fondamentales
- Technologies de l'information

**Pour des offres toujours plus adaptées à votre métier,
découvrez les offres dédiées à votre secteur d'activité**

Depuis plus de 70 ans, Techniques de l'Ingénieur est la source d'informations de référence des bureaux d'études, de la R&D et de l'innovation.

LES AVANTAGES ET SERVICES compris dans les offres Techniques de l'Ingénieur

ACCÈS



Accès illimité aux articles en HTML

Enrichis et mis à jour pendant toute la durée de la souscription



Téléchargement des articles au format PDF

Pour un usage en toute liberté



Consultation sur tous les supports numériques

Des contenus optimisés pour ordinateurs, tablettes et mobiles

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



Impression à la demande

Commandez les éditions papier de vos ressources documentaires



Alertes actualisations

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

ILS NOUS FONT CONFIANCE



www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com