



**HAL**  
open science

## Stimuler l'éco-conception de systèmes industriels complexes par la génération d'un portefeuille de projets de R&D éco-innovants

François Cluzel, Bernard Yannou, Yann Leroy

### ► To cite this version:

François Cluzel, Bernard Yannou, Yann Leroy. Stimuler l'éco-conception de systèmes industriels complexes par la génération d'un portefeuille de projets de R&D éco-innovants. XIVème congrès SFGP 2013, Oct 2013, Lyon, France. sfgp2013120659. hal-00875337

**HAL Id: hal-00875337**

**<https://hal.science/hal-00875337v1>**

Submitted on 21 Oct 2013

**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.

# Stimuler l'éco-conception de systèmes industriels complexes par la génération d'un portefeuille de projets de R&D éco-innovants

CLUZEL François<sup>a\*</sup>, YANNOU Bernard<sup>a</sup>, LEROY Yann<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Ecole Centrale Paris, Laboratoire Génie Industriel  
Grande Voie des Vignes, 92290 Châtenay-Malabry, France

## Résumé

Les méthodologies et outils d'éco-innovation sont de plus en plus appliqués en entreprise, mais aucun n'est réellement adapté à la prise en compte de systèmes industriels complexes. Ces systèmes sont caractérisés entre autres par leur grande taille et leur masse importante, et leur cycle de vie particulièrement long et incertain. Nous proposons dans cet article un processus d'éco-innovation adapté, basé sur la roue de la stratégie d'éco-conception de Brezet. Ce processus est bâti autour d'un groupe d'experts techniques de l'entreprise. Dans une première phase un grand nombre de projets de R&D potentiels sont générés à partir de résultats d'ACV, puis analysés et évalués grâce à une grille multicritère adaptée. Trois filtres permettent alors de sélectionner les projets le plus prometteurs en vue de constituer un portefeuille de projets de R&D équilibré. L'ensemble de l'approche a été appliquée chez Alstom Grid sur des stations de conversion AC/DC utilisée dans l'industrie de l'aluminium primaire. Avec un temps et des ressources très limitées, plus de 100 idées ont été générées pour finalement parvenir à un portefeuille de 9 projets éco-innovants fortement créateur de valeur pour l'entreprise.

**Mots-clés :** Eco-conception, éco-innovation, portefeuille de projets de R&D, créativité, système industriel complexe.

## 1. Introduction

Si l'éco-conception est maintenant une pratique courant pour bons nombres d'entreprises de produits de grande consommation, la situation n'est pas la même si l'on considère les systèmes industriels complexes. Les contraintes technologiques et réglementaires associées peuvent fortement ralentir la capacité d'innover sur de tels systèmes, car des technologies fiables et prouvées sur le long terme sont la plupart du temps privilégiées. Cependant la voie de l'éco-innovation représente une opportunité intéressante, car ces systèmes sont également bien souvent associés à de forts impacts environnementaux.

L'innovation est généralement considérées comme une solution à la survie de l'industrie européenne face aux marchés émergents. Dans cette optique, l'éco-innovation apparaît alors comme une solution valide aux crises écologiques et économiques. Mais éco-innover sur des systèmes industriels complexes reste une tâche ardue. Les projets de R&D sur de tels systèmes sont généralement pilotés par des considérations économiques et technologiques, et non environnementales. Ils doivent de plus être identifiés très en amont, avec peu de données disponibles. D'un autre côté, tout le monde est généralement d'accord sur la pertinence de mettre en œuvre des projets de R&D intégrant la dimension environnementale, mais la complexité des systèmes considérés freine souvent les bonnes volontés. Encore trop peu de concepteurs sont aujourd'hui formés à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) par exemple. C'est pourquoi nous proposons dans cet article une méthodologie d'éco-innovation de systèmes industriels complexes simple et efficace, ne nécessitant que très peu de prérequis. Cette méthode est notamment centrée sur la collaboration d'experts multidisciplinaires. A partir d'une phase de génération d'idée classique, basée sur la roue de la stratégie d'éco-conception de Brezet (Brezet and Van Hemel, 1997), nous proposons d'identifier un portefeuille pertinent de projets de R&D éco-innovants grâce à trois filtres successifs. Un premier ensemble de projets éco-innovants est identifié puis analysé grâce à une grille d'évaluation multicritère considérant des aspects économiques, techniques, marketing et

---

\* Auteur à qui la correspondance devrait être adressée : [francois.cluzel@ecp.fr](mailto:francois.cluzel@ecp.fr)

environnementaux. Un portefeuille final de projets est alors sélectionné et son équilibre testé afin d'assurer une montée en puissance homogène et adaptée de la dimension environnementale dans l'entreprise. L'ensemble de l'approche a été appliquée chez Alstom Grid.

La partie 2 présente un état de l'art sur l'éco-innovation appliquée à des systèmes industriels complexes. Puis nous proposons en partie 3 une méthodologie adaptée, appliquée en partie 4. Quelques conclusions et perspectives sont proposées en partie 5.

## 2. Etat de l'art sur l'éco-innovation de systèmes industriels complexes

### 2.1 Systèmes industriels complexes

Nous nous intéressons dans cet article aux systèmes industriels complexes, qui ont été assez peu considérés en éco-conception. Nous définissons dans cet article un système industriel complexe au sens de l'éco-conception comme (Cluzel et al., 2012) un système à grande échelle en termes de sous-systèmes et composants, masses et ressources ; un système dont le cycle de vie est difficilement prévisible sur le long terme en phase de conception, en particulier sa durée de vie, ses mises à niveaux, ses opérations de maintenance et sa fin de vie ; un système dont les sous-systèmes peuvent eux-mêmes avoir des cycles de vie et des durées d'obsolescence différents ; un système en interaction proche avec son environnement (sur-système, site géographique...) ; un système supervisé par des décisions humaines.

En termes d'éco-innovation, la principale problématique associée à de tels systèmes réside dans la faible marge de manœuvre laissée aux concepteurs dans les spécifications déjà très techniques des clients, ce qui limite drastiquement la capacité d'innover. Le challenge est donc soit d'identifier un ensemble d'éco-innovations incrémentales, soit de rendre possible l'innovation radicale auprès des clients. Nous nous intéressons donc par la suite aux approches d'éco-innovation et de sélection de projets de R&D.

### 2.2 Eco-innovation

L'éco-innovation a reçue de nombreuses définitions. Carrillo-Hermosilla et al. en listent par exemple 16 (Carrillo-Hermosilla et al., 2010), mais n'en retiennent qu'une : une éco-innovation est « une innovation qui améliore la performance environnementale, en accord avec l'idée que la réduction des impacts environnementaux (qu'elle soit intentionnelle ou non) est la principale propriété distinguant une éco-innovation. » Cette définition inclue en particulier les innovations radicales et incrémentales, ce qui n'est pas le cas de tous les auteurs (Collado-Ruiz and Ostad-Ahmad-Ghorabi, 2010; Tyl, 2011). Mais Pujari montre bien que très peu d'éco-innovations sont véritablement radicales (Pujari, 2006). Finalement, O'Hare établit que « différentes entreprises peuvent avoir différentes opinions de ce qui constitue une amélioration « significative » de la performance environnementale » (O'Hare, 2010). Etant donné le contexte industriel proposé dans cet article, nous conservons la définition sus-citée. Une approche d'éco-innovation implique deux activités principales : l'identification d'idées éco-innovants, également appelée « éco-idéation », et l'évaluation et la sélection des idées les plus prometteuses (Jones et al., 2001).

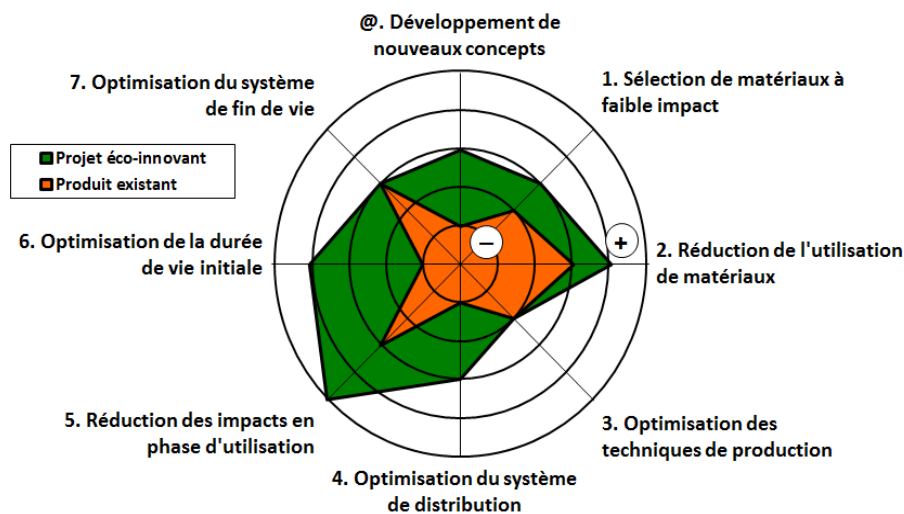


Figure 1. La roue de Brezet (tiré de (Brezet and Van Hemel, 1997))

Concernant l'éco-idéation, différents outils ont été proposés. Ils impliquent la plupart du temps un groupe d'experts autour d'une session de créativité (Bocken et al., 2011). Par ailleurs, certains auteurs recommandent de ne diffuser que des informations environnementales très réduites au groupe de travail afin de ne pas bloquer leur potentiel de créativité (Collado-Ruiz and Ostad-Ahmad-Ghorabi, 2010). Pujari montre de son côté que la multidisciplinarité du groupe est un facteur clé de succès (Pujari, 2006).

Quelques outils d'éco-innovation sont largement répandus, comme la roue de Brezet (Brezet and Van Hemel, 1997), *Eco-compass* (Fussler and James, 1997), *Product Ideas Tree* (Jones et al., 2001) ou les outils issus de TRIZ. La roue de Brezet est un outil très simple qui propose des pistes d'éco-conception divisées en 8 axes sur un diagramme radar. 7 axes couvrent le cycle de vie du produit considéré et différents niveaux systémiques, tandis que le 8<sup>ème</sup> axe vise à identifier de nouveaux concepts. Selon Tyl, l'appropriation de cet outil est très facile et elle ne nécessite pas de connaissance environnementale particulière. Mais comme tout outil simplifié, son potentiel d'innovation radicale peut se révéler limité (Tyl, 2011). La roue est illustrée en Figure 1. Dans cet article, nous nous intéressons plus particulièrement à la phase de sélection des idées. Aussi privilégions-nous un outil simple à déployer et robuste, adapté à notre contexte industriel. C'est pourquoi la roue de Brezet sera considérée par la suite.

### 2.3 Evaluation et sélection de projets de R&D

A l'issue de la phase d'éco-idéation, le nombre de projets peut être largement supérieur à la capacité de travail de l'organisation. C'est pourquoi il est primordial de pouvoir sélectionner les meilleures idées. De nombreuses méthodes existent dans le domaine l'évaluation et la sélection de projets de R&D.

La classification des méthodes proposée par Cooper distingue les modèles financiers, les approches stratégiques, les modèles dits de *scoring* et les check-lists, les approches de type AHP (*Analytic Hierarchy Process*), les approches comportementales et les approches de cartographie (diagrammes à bulles) (Cooper et al., 1999). Cooper montre également que les approches mathématiques ne sont pas réellement déployées en entreprises car elles nécessitent de nombreuses données et sont difficiles à piloter. Il souligne également la pertinence d'approches hybrides. Enfin, une bonne méthode doit pour lui identifier le bon nombre de projets, éviter les « embouteillages » de projets, mettre en avant les projets à forte valeur ajoutée, assurer l'équilibre du portefeuille, et être aligné avec la stratégie de l'entreprise. Parmi ces méthodes, les modèles de *scoring* et les diagrammes à bulles sont bien connues, faciles à utiliser et elles offrent des résultats acceptables.

Les modèles de *scoring* sont simples, directs, efficaces et flexibles (Bitman and Sharif, 2008). Les projets sont évalués et notés selon plusieurs indicateurs qualitatifs ou quantitatifs. La pondération des critères permet une personnalisation du modèle. Ils sont par ailleurs très facilement déployables en entreprise. Mais la considération de critères environnementaux n'est jamais évoquée en profondeur dans la littérature. Les approches de cartographie (diagrammes à bulles) sont issues des matrices BCG et McKinsey (Mikkola, 2001). A partir de ces outils, Mikkola propose la R&D Project Portfolio Matrix. Elle permet de positionner les projets en fonction de leur avantage compétitif et des bénéfices pour les clients. L'introduction d'une troisième dimension (diagramme à bulles) sur ce type de matrice permet d'enrichir l'information fournie. Même si ces dimensions n'intègrent pas de critères environnementaux, ce type de représentation est bien adapté à nos besoins. Millet fournit ainsi un tel exemple pour sélectionner des axes d'amélioration environnementale (Millet et al., 2009). Il considère trois dimensions : faisabilité technico-économique, valeur pour les clients, et impacts environnementaux.

### 2.4 Synthèse

Considérant les contraintes associées aux systèmes industriels complexes et l'état de l'art proposé, une méthodologie d'éco-innovation adaptée devrait considérer les différents niveaux systémiques pour prendre en compte innovations radicales et incrémentales. Elle devrait également être très simple d'utilisation pour réunir des experts multidisciplinaires, et être applicable avec des ressources et un temps limités pour être bien acceptée en entreprise. Elle doit également être très efficace et bâtir une base solide pour la réalisation des projets sélectionnés. Enfin, elle doit prendre en compte des aspects multicritères et permettre d'identifier des preuves solides de faisabilité et de valeur pour les clients. Nous proposons alors par la suite une méthodologie dont la phase d'idéation est basée sur la roue de Brezet, et la phase d'évaluation et de sélection est basée sur un modèle hybride de *scoring* et de diagramme à bulles.

### 3. Proposition d'une méthodologie d'éco-innovation adaptée

#### 3.1 Prérequis et approche globale

L'approche proposée dans cet article est issue d'une démarche plus globale d'éco-conception décrite dans (Cluzel et al., 2012). Quelques hypothèses doivent donc être précisées : l'approche est déployée dans une entreprise concevant des systèmes industriels complexes, mais sans compétences ou connaissances particulières en éco-conception ; l'approche est supportée par au moins un expert en éco-conception ; une évaluation environnementale a déjà été réalisée pour identifier les principaux postes impactants.

La méthodologie proposée est basée sur un groupe de travail multidisciplinaire dans le but de réunir une expertise complète des différents aspects techniques et économiques du système considéré. L'expert en éco-conception est l'animateur de la démarche. L'objectif de la méthodologie est d'identifier un ensemble pertinent de projets d'amélioration environnementale pour alimenter le programme de R&D de l'entreprise. Le portefeuille sélectionné devra être documenté pour que les décisionnaires puissent facilement implémenter les projets les plus adaptés. Une fois le groupe de travail créé, la méthodologie consiste en deux étapes principales : (1) éco-idéation ; (2) évaluation et sélection des projets. Cette deuxième étape est réalisée grâce à trois filtres successifs représentés sur la Figure 2.

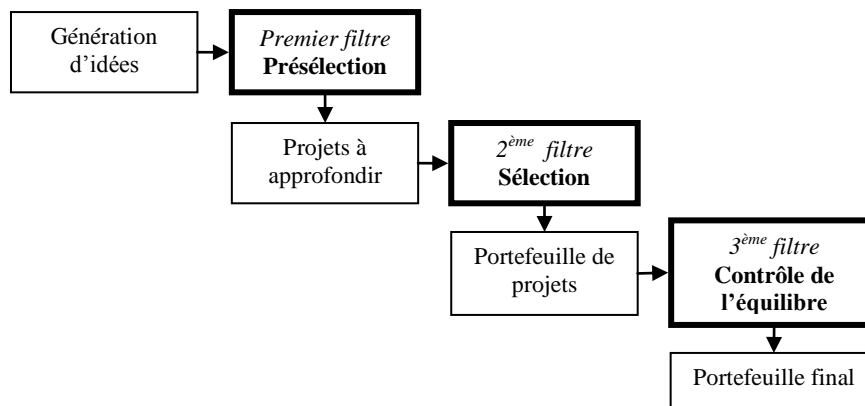


Figure 2. Aperçu de la méthodologie

#### 3.2 Génération et présélection de projets éco-innovants

La génération d'idées et le premier filtre sont réalisés lors d'une même séance de créativité autour du groupe de travail et de la roue de Brezet. Les membres du groupe de travail sont tout d'abord sensibilisés à l'éco-conception et les résultats d'ACV leur sont brièvement présentés au cours d'une rapide session d'introduction (1 à 2 heures). Puis la session de créativité en tant que telle est réalisée, en appliquant les règles classiques de créativité. Cette session comprend deux phases :

- Une phase divergente sous forme d'un *brainwriting*, durant laquelle les participants génèrent individuellement un maximum d'idées sur des post-it en ne considérant que les bénéfices environnementaux. Cette étape est réalisée pendant 15 à 30 minutes sur chacun des 8 axes de la roue. Puis les idées sont lues et triées. De nouvelles idées peuvent être proposées à l'oral.
- Une phase convergente, qui constitue le premier filtre d'idées. Toutes les idées sont discutées et critiquées et les aspects économiques et techniques sont maintenant considérés. Le but est alors d'obtenir une première liste réduite de projets (constitués d'une idée ou d'un groupe d'idées) à approfondir. Si au moins un membre du groupe de travail est opposé au rejet d'un projet, celui-ci est conservé. Les projets sont discutés jusqu'à en obtenir un nombre compatible avec la capacité de travail des membres du groupes. Ce premier filtre est basé uniquement sur l'expertise des membres et leur expérience afin d'identifier rapidement un ensemble raisonnable de projets à approfondir. Les autres projets sont capitalisés pour une éventuellement utilisation future.

Les projets sélectionnés sont alors synthétisés sur une fiche standard qui inclut une description du projet, ses objectifs, les bénéfices environnementaux potentiels, ainsi que la faisabilité technique et économique. Cette fiche est forcément lacunaire à ce niveau d'avancement. Les membres du groupe prennent alors quelques semaines pour approfondir ces différents aspects et compléter les fiches. Ces informations sont partagées lors d'une session de synthèse.

### 3.3 Sélection des projets basée sur une évaluation multicritère

La sélection des projets (2<sup>ème</sup> filtre) est ensuite réalisée sur la base d'une grille d'évaluation multicritère (modèle de *scoring*) et de représentations graphiques du positionnement des projets (diagramme à bulles). La grille d'évaluation est basée sur 4 dimensions. Deux autres dimensions sont également prises en compte, mais, jugées non discutables, elles ne sont pas évaluées par les membres du groupe de travail. Les 6 dimensions sont les suivantes :

- **Bénéfices environnementaux potentiels** : les projets sont évalués sur les 8 axes de la roue de Brezet sur une échelle de 0 à 5, la solution existante étant arbitrairement positionnée à 2. L'échelle ci-dessous est utilisée. Une note environnementale sur 20 points est ensuite calculée comme la moyenne de l'ensemble des axes. Les notes de chaque axes sont néanmoins conservées car elles contiennent énormément d'informations.

Tableau 1. Echelle de maturité utilisée pour mesurer la performance environnementale des projets présélectionnés sur chaque des axes de la roue de Brezet.

Score	Description
0	Le projet dégrade fortement le score environnemental de la solution actuelle sur l'axe considéré
1	Le projet dégrade significativement le score environnemental de la solution actuelle sur l'axe considéré
2	Le projet n'apporte aucun gain sur l'axe considéré par rapport à la solution actuelle
3	Les gains apportés par le projet sur l'axe considéré sont minimales
4	Les gains apportés par le projet sur l'axe considéré sont significatifs
5	Les gains apportés par le projet sur l'axe considéré sont très importants

- **Faisabilité** : la même échelle de maturité est adaptée pour mesurer la faisabilité technique et économique autour de 4 indicateurs : facilité de mise en œuvre, retour sur investissement financier, faisabilité technique et degré de contrôle en interne. Une note sur 20 est ensuite calculée.
- **Valeur pour les clients** : le même principe est appliqué autour des 4 indicateurs suivants issus de (Kondoh et al., 2006) : réduction des coûts, diminution des risques, amélioration de la qualité de service et amélioration de l'image de marque.
- **Horizon temporel** : cette dimension permet de spécifier à quelle échéance les résultats du projet sont attendus : court, moyen ou long terme.
- **Périmètre du projet** : cette dimension permet de spécifier quel niveau systémique est concerné : composant, sous-système, système, ou sur-système.
- **Nature du projet** : cette dimension permet de spécifier quel est la nature du projet : méthodologique, organisationnel, et/ou technologique.

Pour chaque projet, il est également demandé à chaque expert d'évaluer son niveau d'expertise sur le domaine du projet considéré. Associé à un positionnement relatif des experts entre eux, nous obtenons un « score de compétence » permettant de pondérer chaque évaluation en fonction de l'expertise de l'évaluateur, mais également d'associer au score de chaque projet un intervalle d'incertitude. Cette approche est détaillée dans (Cluzel, 2012). Une fois les évaluations réalisées par les membres du groupe de travail, des valeurs seuils sont associées à chaque critère quantifiable (faisabilité, valeur des clients, et scores environnementaux global et sur chaque axe de la roue), permettant successivement de sélectionner ou de rejeter les projets présélectionnés après le 1<sup>er</sup> filtre.

### 3.4 Contrôle de l'équilibre du portefeuille

On obtient alors un ensemble de projets éco-innovants, faisables techniquement et économiquement et porteurs de valeurs pour les clients. Cependant rien ne garantit que l'ensemble de ces projets soit bien équilibré pour l'entreprise, c'est-à-dire en accord avec sa stratégie, ses moyens et ses ambitions. C'est l'objet du 3<sup>ème</sup> filtre. Les 3 dernières dimensions proposées dans le paragraphe précédent sont alors examinées. Tout d'abord, la dimension temporelle est considérée afin de s'assurer du bon équilibre des projets à court, moyen et long terme. Ensuite, la nature des projets est prise en compte pour vérifier que les projets englobent bien les aspects organisationnels, méthodologiques et technologiques pour permettre une évolution pertinente de l'organisation. Enfin, le périmètre des projets est contrôlé. Si un déséquilibre est remarqué, un retour aux étapes précédentes peut permettre d'identifier un meilleur portefeuille. Sinon,

le temps et les ressources nécessaires à la réalisation des projets sont évalués. Le portefeuille validé et documenté est alors transmis au top management pour lancer la phase de réalisation.

#### 4. Cas d'étude : application chez Alstom Grid

##### 4.1 Contexte

Alstom Grid PEM (Power Electronics Massy) conçoit, assemble et vend des sous-stations de conversion AC/DC pour l'industrie de l'aluminium primaire dans le monde entier. Il s'agit de systèmes électriques conçus pour convertir l'énergie du réseau à haute tension en énergie utilisable pour l'électrolyse de l'aluminium, industrie très consommatrice d'énergie et environnementalement impactante. Une sous-station représente environ 3000 tonnes d'électronique de puissance et de transformateurs et 6000 tonnes de génie civil. La durée de vie d'un tel système est généralement de l'ordre de 30 à 40 ans. Beaucoup d'incertitudes existent sur l'ensemble du cycle de vie du système. Aucun scénario de fin de vie n'est par exemple précisément établi, et chaque site industriel possède ses propres spécificités. Dans le cadre d'une démarche d'éco-conception chez Alstom Grid, la démarche d'éco-innovation proposée a été appliquée suite à une ACV globale qui a permis d'identifier les principaux postes impactants.

##### 4.2 Déploiement

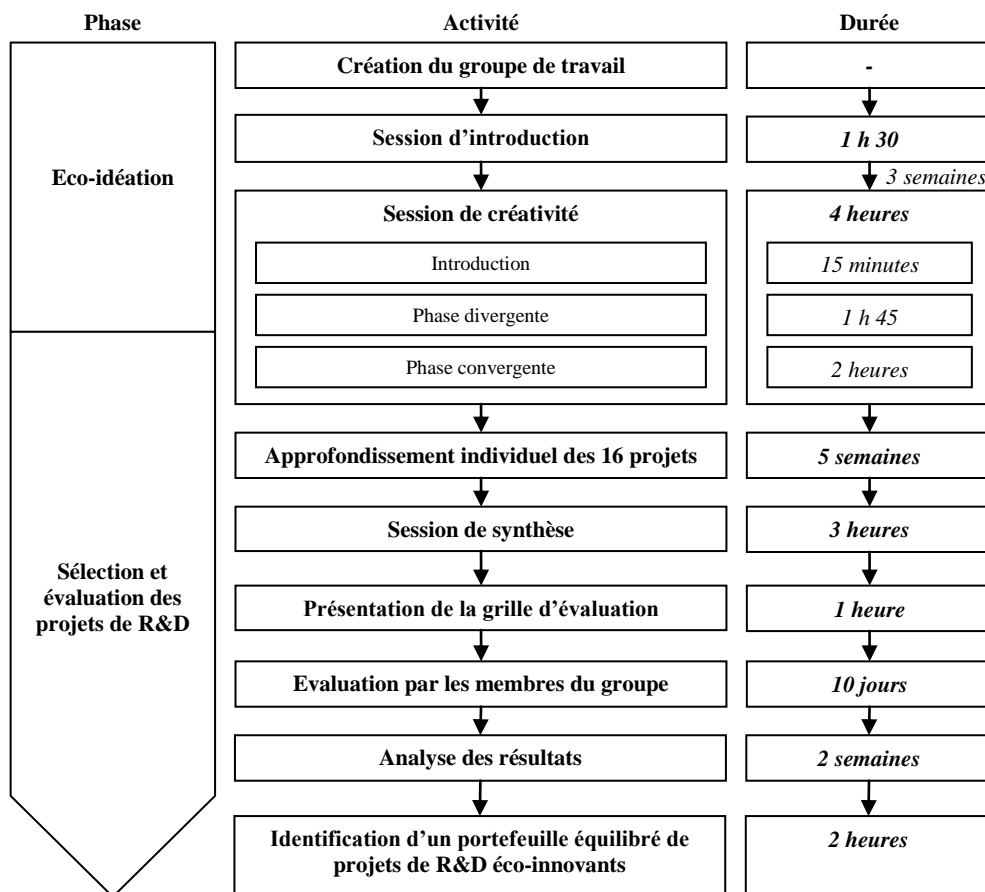


Figure 3. Séquencement du processus d'éco-innovation chez Alstom Grid

Le déploiement de l'approche a demandé environ 10 semaines. Le groupe de travail était composé de 2 personnes de R&D, une personne du département Ingénierie, une personne du département Commercial, deux personnes de la R&D d'une autre unité fournissant les transformateurs électriques, et un expert en éco-conception extérieur à l'entreprise. L'animation du groupe a été confiée à un expert en éco-conception assisté d'un stagiaire en éco-conception. L'approche est représentée sur la Figure 3.

109 idées ont été générées lors de la phase divergente, menant à l'identification de 16 projets qui ont été approfondis. Les filtres successifs ont permis de parvenir à un portefeuille final de 12 projets concernant

par exemple l'optimisation des transformateurs (pesant chacun plus de 200 tonnes), la mise en place de livrets de fin de vie des équipements, ou encore la récupération de chaleur des pertes électriques. Ce portefeuille a été considéré comme bien équilibré et très satisfaisant par la direction de la R&D.

#### **4.3 Validation de la méthodologie**

D'un point de vue plus scientifique, nous avons proposé de valider la méthodologie en utilisant les 4 critères proposés par (Shah et al., 2003) : quantité, variété, nouveauté et qualité.

Concernant la quantité, 109 idées ont été générées en très peu de temps, bien réparties sur les axes de la roue de Brezet et les membres du groupe de travail, ce qui a été jugé comme très satisfaisant.

La variété du portefeuille de projets proposé est également très satisfaisante, puisque l'équilibre du portefeuille sur les aspects temporels, de périmètre et de nature des projets est assuré par le 3<sup>ème</sup> filtre.

Concernant la nouveauté, nous avons demandé aux membres du groupe de travail s'il estimait que les idées étaient déjà présentes de manière sous-jacente dans l'organisation, et si elles auraient pu émerger sans l'approche d'éco-innovation. Il est alors apparu que 7 des 16 projets présélectionnés n'étaient pas présents auparavant, montrant ainsi la capacité de la démarche à faire émerger des nouveautés. Par ailleurs, 11 des 16 projets n'auraient pas pu émerger sans la démarche d'éco-innovation, montrant ainsi la capacité de « révélateur » de certaines idées sous-jacentes.

Enfin, la qualité des idées a été évaluée grâce à la grille d'évaluation. Tous les projets sélectionnés étant performant en termes de bénéfices environnementaux, de faisabilité et de valeurs pour les clients, cela prouve la capacité de notre approche à générer des idées de qualité.

### **5. Conclusions et perspectives**

Nous avons proposé dans cet article un processus d'éco-innovation original aux systèmes industriels complexes. Cette approche est constituée de deux étapes principales :

- Une phase d'éco-idéation autour d'un groupe de travail multidisciplinaire et d'un outil de support à la créativité très simple, la roue de Brezet ;
- Une phase d'évaluation multicritère (bénéfices environnementaux, faisabilité technique et économique, valeur pour les clients) des idées.

Nous avons ainsi proposé trois filtres permettant d'approfondir et de sélectionner les idées pour parvenir à un portefeuille équilibré de projets de R&D prêts à être déployés dans l'entreprise. L'approche a été appliquée avec succès chez Alstom Grid sur des stations électriques de grande taille utilisées dans l'industrie de l'aluminium primaire. Un portefeuille de 12 projets jugés très satisfaisants a été obtenu.

Les travaux futurs pourront notamment chercher à implémenter l'approche dans d'autres secteurs industriels et sur d'autres types de systèmes ou procédés technologiques.

#### **Remerciements**

Nous remercions chaleureusement Dominique Millet de Supméca, ainsi que Joël Devautour et François Puchar d'Alstom Grid pour leur support à ce projet. Nous remercions également Frankie Rico Sanz et tous les membres du groupe de travail pour leurs contributions.

#### **Références**

- Bitman, W.R., Sharif, N., 2008. A Conceptual Framework for Ranking R&D Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management* 55, 267–278.
- Bocken, N.M.P., Allwood, J.M., Willey, A.R., King, J.M.H., 2011. Development of an eco-ideation tool to identify stepwise greenhouse gas emissions reduction options for consumer goods. *Journal of Cleaner Production* 19, 1279–1287.
- Brezet, H., Van Hemel, C., 1997. *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. UNEP, Paris, France.
- Carrillo-Hermosilla, J., del Río, P., Könnölä, T., 2010. Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production* 18, 1073–1083.
- Cluzel, F., 2012. *Eco-design implementation for complex industrial system: From scenario-based LCA to the definition of an eco-innovative R&D projects portfolio* (PhD Thesis). Ecole Centrale Paris, Chatenay-Malabry, France.
- Cluzel, F., Yannou, B., Leroy, Y., Millet, D., 2012. Proposition for an Adapted Management Process to Evolve from an Unsupervised Life Cycle Assessment of Complex Industrial Systems Towards an Eco-Designing Organisation. *Concurrent Engineering: Research and Applications* 20, 111–126.
- Collado-Ruiz, D., Ostad-Ahmad-Ghorabi, H., 2010. Influence of environmental information on creativity. *Design*



- Studies 31, 479–498.
- Cooper, R.G., Edgett, S.J., Kleinschmidt, E.J., 1999. New product portfolio management: practices and performance. *Journal of Product Innovation Management* 16, 333–351.
- Fussler, C., James, P., 1997. *Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*. Financial Times Prentice Hall.
- Jones, E., Stanton, N., Harrison, D., 2001. Applying structured methods to Eco-innovation. An evaluation of the Product Ideas Tree diagram. *Design Studies* 22, 519–542.
- Kondoh, S., Kurakwa, K., Kato, S., Umeda, Y., Takata, S., 2006. Analysis of key success factors for eco-business through case studies in Japan, in: *Proceedings of the 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, LCE2006*. Leuven, Belgium.
- Mikkola, J.H., 2001. Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. *Technovation* 21, 423–435.
- Millet, D., Tchertchian, N., Brissaud, D., 2009. How to identify the most promising areas of environmental improvement at the early stages of the design process? *International Journal of Design Engineering* 2, 299 – 319.
- O’Hare, J.A., 2010. *Eco-innovation tools for the early stages: an industry-based investigation of tool customisation and introduction (PhD Thesis)*. University of Bath, University of Bath, UK.
- Pujari, D., 2006. Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. *Technovation* 26, 76–85.
- Shah, J.J., Smith, S.M., Vargas-Hernandez, N., 2003. Metrics for measuring ideation effectiveness. *Design Studies* 24, 111–134.
- Tyl, B., 2011. *L’apport de la créativité dans les processus d’eco-innovation - Proposition de l’outil EcoASIT pour faciliter l’eco-idéation de systèmes durables (PhD Thesis)*. Université Bordeaux 1, Bordeaux, France.
- 

## **Stimulating eco-design of complex industrial systems through the generation of an eco-innovation R&D projects portfolio**

CLUZEL François<sup>a\*</sup>, YANNOU Bernard<sup>a</sup>, LEROY Yann<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Ecole Centrale Paris, Laboratoire Genie Industriel  
Grande Voie des Vignes, 92290 Chatenay-Malabry, France

### **Abstract**

Eco-innovation methodologies and tools are applied in companies to an increasingly greater extent. None of them are however particularly adapted for complex systems industries, where the eco-design requirements are highly specific. These systems are characterized in particular by their large size and masses, and their relatively long and uncertain life cycle. We propose, in this paper, an adapted eco-innovation process based on the eco-design strategy wheel. We put together a working group of internal technical experts. A first phase involves generating a high number of potential eco-innovative R&D projects that are then analysed and assessed using an appropriate multi-criteria grid. Three formalized filters allow for an informed selection of the most promising projects that will then make up a balanced R&D projects portfolio. The whole process has been applied at Alstom Grid on large electrical stations used in the primary aluminium industry. Within a limited time frame and resources over 100 ideas were generated and analysed. The first filter allowed for a pre-selection of 16 ideas for further study, while the second filter led to a final portfolio involving 12 projects. The third filter validated the portfolio in terms of global coherence. The quantity, variety, novelty and quality of the projects were satisfactory. The process then benefitted from further improvement with the contribution of external eco-design experts.

**Keywords:** Eco-design, eco-innovation, R&D projects portfolio, creativity, complex industrial system.

---

\* Author to whom the correspondence should be sent : [francois.cluzel@ecp.fr](mailto:francois.cluzel@ecp.fr)