

Éca-TRIZ : une contribution au développement durable

Ahmed.Cherifi^{1,2}, Mario.Dubois¹, Mickaël.Gardoni¹, Abdelaziz.Tairi²

¹Ecole de Technologie Supérieure, 1100 Notre-Dame Street West, H3C 1K3, Montreal
cherifia@yahoo.fr, mario.dubois@etsmtl.ca, mickael.gardoni@etsmtl.ca

²Université de Boumerdès, 35000 Boumerdes, Algeria
vrpgr@umbb.dz

Résumé - Dans tous les modèles de création d'objets, de produits ou d'aménagement il est indispensable, aujourd'hui, de prendre en compte la dimension développement durable et écoconception et valoriser chaque projet de création

En plus des facteurs liés à l'optimisation des ressources, l'utilisation des matériaux et la minimisation des rejets, il est important d'être attentif aux paramètres de confort et d'usage. Pour réussir son intégration et assurer sa pérennité par rapport à une société plus attentive, de nouvelles démarches créatives et méthodiques permettant d'éveiller la conscience environnementale de la société à travers la création, l'innovation et la conception.

Afin d'assister des équipes de conception en séance de créativité ou des petites entreprises dans le développement de leur produit, nous proposons une démarche méthodologique qui permettra de conduire les utilisateurs potentiels, à des concepts éco-innovants de produit, d'espace ou de processus. Comme point de départ, une matrice qualitative globale et multicritère permettra la hiérarchisation des impacts. Une application des principes inventifs TRIZ adaptée complétera la réflexion pour le choix de solution éco-innovante.

Abstract - In all creating models of objects, products or development it is essential today to consider the sustainable development dimension and eco-design and develop each project creation. In addition to factors related to the optimization of resources, the use of materials and minimization of releases, it is important to be attentive to comfort parameters and usage. To successfully integrate and ensure its sustainability over a more caring society, new creative and methodical approaches to awaken society's environmental awareness through the creation, innovation and design.

To assist design teams in creativity session or small businesses in the development of their product, we offer a methodological approach that will drive potential users, eco-innovative product concepts, of space or process. As a starting point, a comprehensive and multi-criteria qualitative matrix allow prioritization of impacts. An application of TRIZ inventive principles adapted complete reflection for the choice of eco-innovative solution.

Mots clés - Écoconception, Écoinnovation, Ecoefficacité, TRIZ

Keywords - Ecodesign, Eco-innovation, Ecoefficiency, TRIZ

1 Introduction

Au stade de la conception d'un produit ou la mise en place d'un procédé, la dimension environnementale prend une place de choix. Tout le cycle de vie est important pour définir sa consommation des ressources naturelles, énergétiques et ses retombées sur l'environnement. De nombreux outils sont disponibles mais peu utilisés par les entreprises et la collectivité, du fait du niveau de maîtrise requis du niveau d'expert, notamment lorsqu'il s'agit de faire une évaluation environnementale multicritère qui exige beaucoup de données, de temps et de moyens. Ceci peut freiner certaines entreprises, notamment les PME, à pérenniser l'intégration de l'environnement dans la conception du produit. De plus, peu d'outils se penchent sur la génération d'idées avec une prise en charge des paramètres liés à l'utilisateur et le concepteur ou l'entreprise, en tant qu'acteur dans la mise en place de l'écoconception. Notre problématique de recherche a été élaborée à partir d'une analyse approfondie des outils d'écoconception existant et des contradictions lors des choix de conception et la prise en compte des impacts environnementaux. Elle s'appuie sur une évaluation simplifiée des impacts environnementaux en considérant une analyse globale et multicritère tout en tenant compte de l'utilisateur. La méthode de résolution de problèmes TRIZ a permis d'élaborer une matrice d'évaluation simplifiée, composante clé de cette démarche. Communément appelé LCA (Life Cycle Assessment), cet outil d'évaluation tient compte de l'évolution du produit, des matières premières qui ont été utilisées dans sa fabrication, son utilisation et fin de vie caractérisé par une étape importante de la destruction et le recyclage, ainsi que toutes les étapes intermédiaires (transport, emballage,

stockage, etc.), qui génèrent tous les impacts négatifs sur l'environnement (O'Hare, 2010).

Beaucoup de méthodes et d'approches existent pour l'éco-conception de leur analyse révèle cependant qu'ils ne sont pas utilisés assez, pour trois raisons principales (Janin, 2000):

- Certains d'entre eux sont des méthodes complexes qui nécessitent un haut niveau d'expertise environnementale.

- La qualité médiocre des données pour les résultats donnés avec une grande marge d'erreur.

- Certains sont des méthodes coûteuses qui nécessitent des ressources humaines et financières importantes. Parmi les outils stratégiques fondées sur des séances de créativité, tout en tenant compte de l'éco-conception sont inclus: l'Eco-compass (Fussler, 1997), la roue de la Brezet (1997) ou le schéma BEC Luttrupp et Lagerstedt (2006). Le travail de Cheng (2011) décrit un nouveau modèle pour accélérer la conception préliminaire du produit éco-innovant en intégrant un raisonnement basé sur la méthode TRIZ. Plusieurs exemples d'éco-conception sont donnés pour illustrer les capacités d'un tel procédé déjà à partir du travail de Jahau Lewis Chen Chih-Chen Liu (2001). David Russo (2011) décrit un moyen d'utiliser des concepts et des outils de TRIZ pour évaluer un système technique. Vicenti Chulvi (2011) a comparé les tendances de l'évolution dans TRIZ avec des stratégies d'éco-conception présentés sous le nom de LiDS Wheel (stratégies de conception du cycle de vie) pour analyser les effets sur les paramètres environnementaux. A la base des méthodes Mal'in et Eco-Mal'in, Kallel (2010) a développé un nouvel outil d'éco-innovation basé sur la matrice de invention. Benjamin Tyl (2011) a proposé l'outil Eco-Asit pour promouvoir l'éco-idées de systèmes

durables. Strasser et Wimmer (2003) ont travaillé sur la combinaison de l'éco-conception et les principes inventifs de TRIZ. Ils se sont basés sur des cas pratiques de l'éco-innovation: le développement d'appareils d'éclairage éco énergétiques. En analysant en détail l'évolution de ces dispositifs par le biais de brevets, les auteurs ont montré que ces innovations sont le résultat de l'utilisation de TRIZ pouvant résoudre plusieurs contradictions par rapport aux objectifs de paramètres d'éco efficacité définis précédemment. Ce travail est une contribution à la recherche d'une démarche par l'utilisation et/ou l'adaptation d'outils dits d'amélioration, pour permettre la recherche de solutions d'écoconception à même générer de l'innovation et qui permettront l'appropriation et l'intégration au sein des entreprises et des utilisateurs. Notre démarche s'appuie sur une évaluation simplifiée des impacts en considérant une analyse globale, multicritère, et prenant en compte la dimension utilisateur. La méthode TRIZ (théorie de résolution de problèmes inventifs) viendra en aval pour soutenir cette matrice d'évaluation simplifiée, dans le but d'une démarche éco-innovante.

Le choix de cette démarche, dicté par la difficulté rencontrée lors de l'évaluation des impacts, où les résultats traduits en axes de conception peuvent être contradictoires.

La vérification des résultats a été faite par application à diverses situations de brevets publiés en écoconception et le suivi des équipes d'étudiants qui répondent à des défis présentés pendant la compétition « 24H de l'innovation ».

Enfin, nous avons proposé une trousse à outil qui pourra aider à générer des solutions éco-innovantes lors de séances de créativité.

1.1 Principe TRIZ

TRIZ est un acronyme russe qui signifie « théorie de résolution de problèmes inventifs ». Cette méthode résulte de l'étude d'un grand nombre de brevets qui a permis de mettre en évidence un certain nombre de « motifs d'inventions » caractéristiques, indépendamment du domaine d'application considéré. Ces motifs sont regroupés dans des catalogues permettant aux concepteurs de rechercher des idées de solutions auxquelles ils n'auraient pas initialement pensés.

Le choix d'adapter TRIZ à cette démarche a été dicté par l'obtention fréquente de résultats contradictoires lors de l'évaluation des impacts environnementaux. Par exemple, la solution apparente peut nécessiter d'accroître la rigidité tout en réduisant le poids, deux facteurs apparemment contradictoires puisque, bien souvent, une réduction de poids nécessite d'amincir les matériaux et, de ce fait, réduire la rigidité du produit.

1.2 Objectifs

Notre méthode appelée Éca-TRIZ est conçue pour être utilisée lors du processus d'idéation : elle permet de trouver des idées éco-innovantes qui respectent les principes de développement durable. Les idées trouvées pourront servir à concevoir une éco-innovation.

Il n'est pas nécessaire de connaître Triz pour appliquer la méthode Éca-TRIZ. Par contre, l'usage de cette méthode d'éco-innovation leur permettra toutefois de s'initier à TRIZ.

Le choix d'adapter TRIZ à cette démarche a été dicté par l'obtention fréquente de résultats contradictoires lors

de l'évaluation des impacts environnementaux.

2 Méthodologie

Lors des étapes de conception d'un produit ou processus, il est nécessaire de faire une évaluation multicritère et multi-étape. Le point de départ de notre démarche est la construction d'une matrice qui tient compte de toutes les étapes du cycle de vie et des impacts générés par chacune des étapes. La matrice d'hierarchisation permet de faire une analyse simplifiée et doit déterminer les points forts sur lesquels le concepteur va axer ses efforts. Dès lors il y a lieu de traduire les résultats de l'évaluation en axes de conception.

S'il n'y a pas de contradiction dans les résultats de l'évaluation la solution peut être proposée directement (Figure 1.). Dans le cas contraire le problème doit être reformulé sous deux ou plusieurs contradictions et sa solution passe la matrice de contradiction simplifiée que nous avons proposée.

Éca-TRIZ relie quatre stratégies environnementales ou paramètres qu'il faut maintenir sans détérioration :

- La consommation de ressources et matériaux
- La consommation énergétique
- Les rejets nocifs générés
- L'appropriation de l'écoconception.

Ce dernier paramètre nous paraît stratégique eu égard la préparation de l'utilisateur (concepteur, entreprise etc...) à appliquer des stratégies d'écoconception basées sur le respect des normes environnementales,

notamment en lien avec le cycle de vie du produit ou du procédé.

À ces quatre stratégies environnementales, Éca-TRIZ considère les paramètres d'utilisation du produit dans une perspective innovante pour le client.

- La forme
- La stabilité
- La résistance
- La durabilité
- La brillance
- La facilité d'utilisation
- La « réparabilité »
- L'adaptabilité

À partir de la matrice originale TRIZ (39X39) constituée des paramètres d'ingénierie nous avons construit une nouvelle matrice Eca Triz (5X5) constituée de paramètres d'écoefficient. Le regroupement de paramètres d'ingénierie en paramètres d'écoefficient sera faite selon des critères de similitude et entraîne par conséquence le regroupement des paramètres inventifs correspondant. Ainsi dans la matrice résultante nous retrouvons un maximum de 4 paramètres ayant une plus grande fréquence d'apparition.

Il en résulte une nouvelle matrice de contradiction 5 X 5 qui permet un accès rapide aux principes appropriés pour éco-innover sans avoir à décrire le problème par des paramètres techniques. Cette matrice s'inspire de la matrice de contradiction TRIZ 39 X 39.

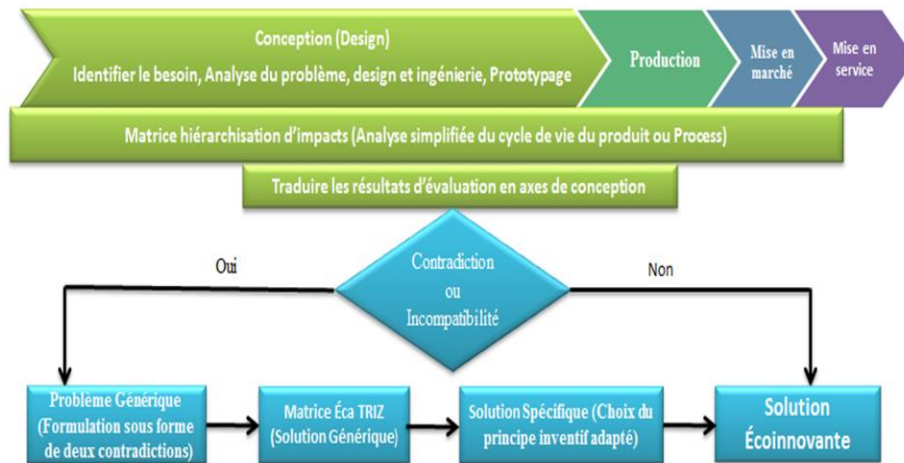


Figure 1. Les étapes de la démarche méthodologique

Une configuration détaillée selon le cas étudié est donnée sur la figure 2.

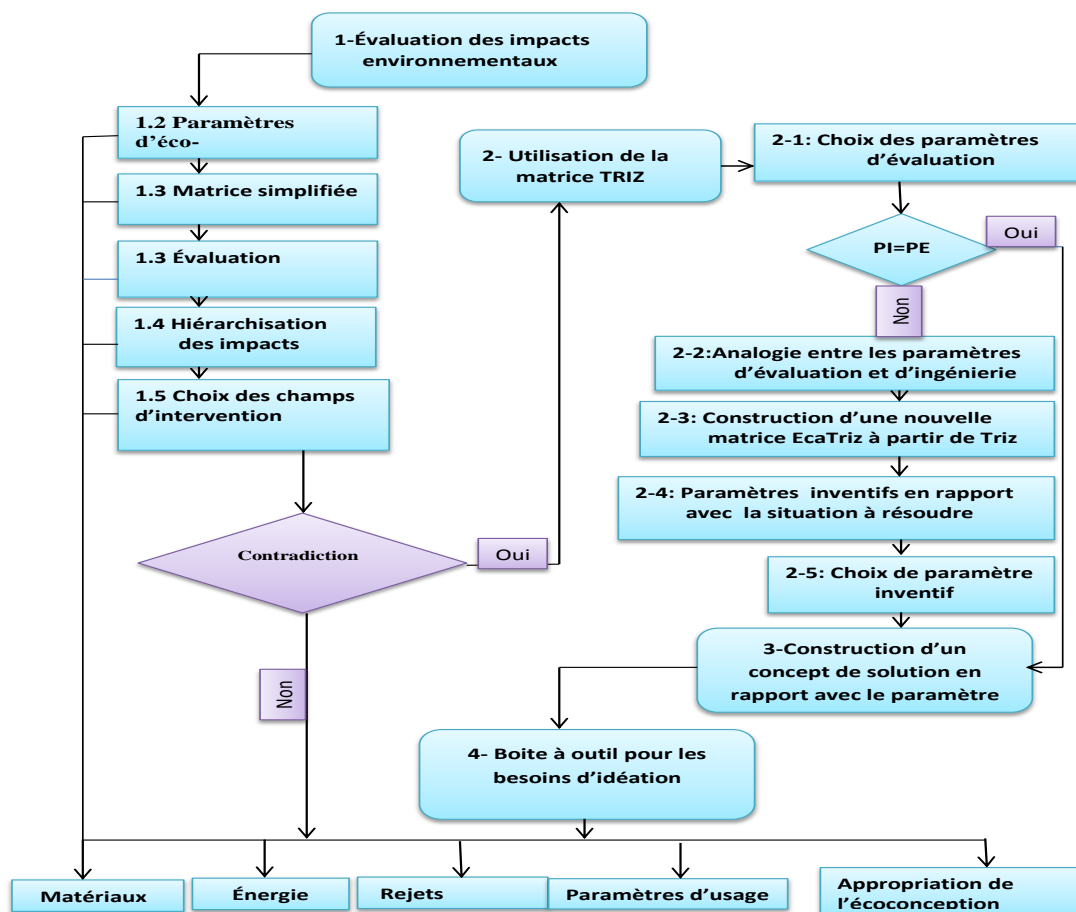


Figure 2. Méthodologie détaillée

3 Résultats

La matrice 5X5 étant constituée de mêmes facteurs d'efficacité en horizontal et vertical et contient des numéros de principes inventifs les plus

fréquents. Ainsi les résultats obtenus à l'usage de la matrice Eca Triz sont résumés sous forme d'un guide de pistes de réflexion pour une conception éco-innovante (Figure 3).

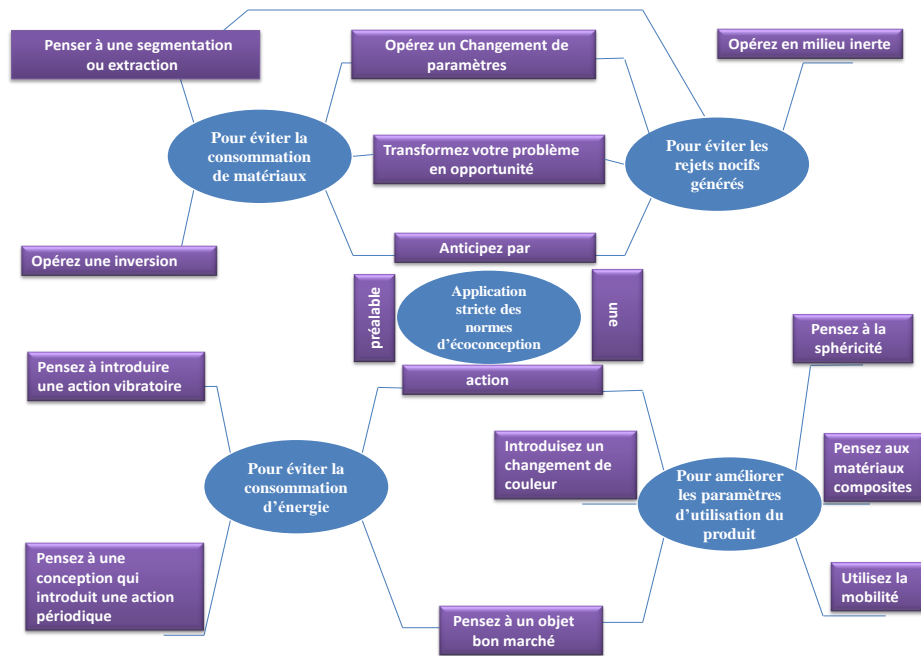


Figure 3. Modèle de solutions par Eca-Triz en fonction de situations à améliorer

4 Applications

La vérification des résultats a été faite par l'application de Éca-TRIZ à divers brevets publiés en écoconception et par le suivi des projets d'équipes d'étudiants qui ont cherché des solutions à des défis présentés lors d'un concours international d'innovation appelé « Les 24 heures de l'innovation ».

4.1 Application à des cas de brevets en écoconception

Beaucoup de brevets en rapport avec l'écoconception ont été étudiés. Nous donnons sur le tableau 1, des exemples significatifs de brevets en écoconception et dont les idées novatrices sont en accord avec les résultats de notre modèle.

Tableau 1. Résumé de quelques concepts de brevets publiés en éco-conception pour vérification

Nom du concept ou produit	Présentation	Choix du paramètre inventif en cohérence avec notre démarche
<p>Semelle pour chaussure Numéro de publication EP1928277A</p>	<p>Choix d'une semelle avec forme et résistance améliorée, avec minimisation consommation énergétique et recyclable. Concept :fil composite antibactérien et structure textile à trois dimensions et multi couches</p>	<p>Améliorer PI12 :Forme Améliorer PI13 :Stabilité Améliorer PI14 :Résistance Sans détériorer :Energie, matériaux et rejets Principes inventifs choisis 40 :Matériaux composites 17 :Structure multidimensionnels, assemblage multicouches</p>
<p>Céramique à base de mâchefers d'ordures ménagères Numéro de publication EP 1215182 B1</p>	<p>La présente invention a pour objet un matériau cristallisé à base de mâchefers. Elle trouve plus particulièrement son utilisation dans le domaine des matériaux cristallisés du type céramique. Objectif : économie d'énergie par abaissement de température tout en garantissant les propriétés mécaniques.</p>	<p>Améliorer consommation énergie sans détériorer la forme, la résistance et la stabilité Principes inventifs :19,2,35,1 Principe inventif choisi :35 Modification de paramètre par changement de matériaux</p>
<p>Traverse de chemin de fer Numéro de publication EP2539508A1</p>	<p>Traverses de rail en matière composite essentiellement à base de polyuréthane en général, avec d'excellentes propriétés mécaniques.</p>	<p>Améliorer -usage (PI14 :Résistance,PI12 :Forme, PI13:stabilité,) Paramètres à ne pas détériorer -Rejets Principes :2,35,40,28 35,2,40,14 -consommation matériaux Principes : 40,1,29,27 -consommation énergie Principes :14,2,6,40 Principe inventif choisi :40 Matériaux composites</p>
<p>Caisse palette pliable Numéro EP 0681964 A1</p>	<p>Système permettant de former un conteneur à rotations et recyclable à 100 %, en un seul tenant, avec ou sans couvercle. Il est caractérisé comme étant un ensemble solidaire et monobloc, à plat ou monté, repliable</p>	<p>Paramètres à améliorer -Usage (forme, résistance, facilité utilisation) Paramètres à ne pas détériorer Rejets (35,14,1,29), consommation matériaux (40, 1,29,27) énergie (13,1,2,19) Principe inventif (retenu):1 (degré de segmentation)</p>
<p>Système de déneigement et de dégel pour un véhicule terrestre à moteur, et véhicule ainsi équipé Numéro WO 2012049394 A2</p>	<p>Diriger une partie au moins des calories dispersées dans l'air vers le sol enneigé ou gelé, de sorte que chaque véhicule peut contribuer au déneigement et au dégel de la route sur laquelle il circule. Par le passage répété de tels véhicules, on obtient le déneigement et le dégel complet, sans l'utilisation de véhicule spécialisé ni d'épandage de sel. De plus, aucune dépense d'énergie supplémentaire n'est consentie.</p>	<p>Paramètres à améliorer -Paramètres d'usage Paramètres à ne pas détériorer Consommation de matériaux Principes : (3,35,27,25) Principe retenu:25 (Fonction auxiliaire et réutilisation de résidus énergétiques)</p>
<p>Étiquette de triage Numéro WO 2004075144 A1</p>	<p>Le procédé s'intéresse à tous les emballages et à tous les produits qu'ils contiennent; c-à-d des déchets. Il permet de faire un lien entre un déchet et le type de poubelle, qui est censée l'accueillir. Il s'agit de mettre sur le produit une étiquette avec logo et couleur, cela facilite le tri du produit en fin de vie.</p>	<p>Paramètres à améliorer -Rejets -consommation matériaux -consommation énergie -usage Paramètres à ne pas détériorer Appropriation de l'écoconception Principes :(10,35,15,4); (10,35,28,24);(10,19,35,18) ;(10,4,32,1) Principes retenus :10 (Action préalable) 32 (changement de couleur)</p>
<p>Déneigement par un parapluie chauffant (pare-neige) Numéro CA 2691291 A1</p>	<p>Nouvelle méthode de déneigement qui consiste en un parapluie chauffant ou pare-neige.. La machine est constituée par une armature pliable, un vérin hydraulique fixée sur un poteau droit, une couverture chauffante et un conduit d'eau. Il sert d'abri temporaire contre la neige tombée en la ramassant avant qu'elle touchera le sol</p>	<p>Paramètres à améliorer -Rejets -usage Paramètres à ne pas détériorer -Appropriation Écoconception Principes : (10,35,15,4);(10,4,32,1) Principe retenu :10 (Action préalable)</p>

4.2 L'outil méthodologique appliqué aux projets de <24H de l'innovation>

Défi 1: La réduction de la largeur de mâts de chapiteau pour améliorer la visibilité pour les sièges et dont la vue peut être bloquée.

Le problème posé est de trouver des matériaux ou des procédés de fabrication qui va garder la même capacité, mais

avec un plus petit volume. Cette amélioration aura une incidence sur la visibilité de certains sièges et d'accroître leur valeur lors de la vente des billets pour le cirque.

Sur la figure 4, nous donnons un résumé des paramètres d'évaluation par rapport à la situation décrite et les principes inventifs qui peuvent être une solution au problème posé.

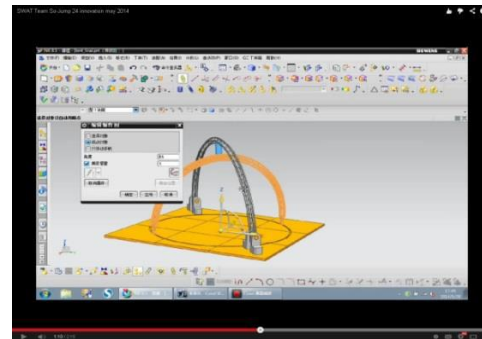
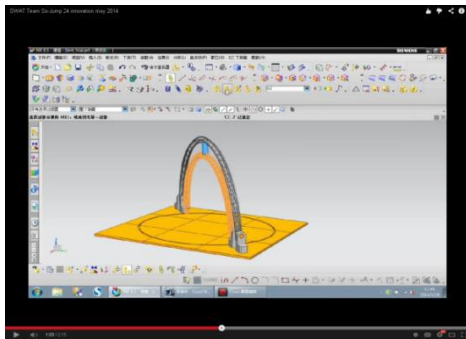


Figure 4. Les solutions recommandées en harmonie avec les résultats

<http://24h-innovation.agorize.com/en/challenges>

- Retravailler la structure en utilisant un alliage d'aluminium, plus léger de 40% au lieu de l'alliage d'acier.

- Adopter une structure en deux arcs interconnectés au sommet, puis monté dans un pivotement d'ouverture. Un système embarqué permet d'installer la toile.

En résumé ce dispositif pouvait être prévu par nos résultats, conformément aux principes 14 (sphéricité), dans ce cas la forme est l'arc et 40 (matériaux composites). Dans ce cas, le changement d'un alliage avec un plus léger.

Défi 2 : Comment favoriser le partage sécuritaire et équitable d'intersections entre Automobilistes, piétons, cyclistes, etc. ?

Le défi présenté est comment rendre des intersections sécuritaires et assurer qu'elles sont partagées équitablement

entre ces différents moyens de transport ? Comment rendre « transparentes » ces intersections pour les voitures, les piétons, etc. ?

La première idée étant le changement de la forme du passage piéton pour s'adapter aux mauvaises habitudes des piétons. Ici intervient le principe 14, qui stipule la sphéricité ou le changement de formes linéaires en courbes ou aussi des courbes en sphères. Un nouveau tracé du passage est donné en figure. Il permet au piéton de traverser en diagonale et en toute sécurité. Une seconde idée est l'utilisation de passages qui génèrent de l'électricité, avec une autonomie en énergie et utilisés pour l'éclairage des passages piétons et ayant des propriétés antigivre et antidérapant. Cette idée est en cohérence avec le principe 10 de l'action préalable et du principe 15 de la mobilité qui permet une optimisation des

caractéristiques et des propriétés du fonctions liées à la sécurité du citoyen. Enfin le concept de panneaux publicitaires avec couleur répond au

procédé pour assurer diverses principe 32 de changement de couleur. Les images d'idées sont regroupées sur la Figure 5.



Figure 5. Images des solutions écoinnovantes proposées
<http://24h-innovation.agorize.com/en/challenges>

5 Conclusion

La théorie TRIZ a fait ses preuves en technologie pour trouver des solutions sans faire de compromis à des problèmes complexes. L'analyse des brevets a démontré statistiquement que la résolution d'une contradiction donnée

fait souvent appel aux mêmes principes. A partir de cette démarche TRIZ, nous avons réussi à démontrer que ce qui était vrai en technologie est aussi vrai dans le domaine de l'écologie avec la méthode Éca-Triz.

Références bibliographiques

- Benjamin T, (2011) L'apport de la créativité dans les processus d'écoinnovation. Proposition de l'outil ECO-ASIT pour favoriser l'idéation de systems durables. Doctoral Thesis. Bordeaux University. N 4432. French
- Brezet JC, (1997) Dynamics in ecodesign practice, Industry and Environment. Special Issue on Product Design and the Environment, UNEP Industry and Environment: vol 20 (1-2).
- Cavalluci D, (2012) La TRIZ, une théorie de l'invention en support des activités de Ret D :outils et mise en oeuvre par l'exemple. Techniques de l'ingénieur.
- Cheng JY, Jahau LC, (2011) Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrate case-based reasoning and the TRIZ method. Journal of Cleaner Production. 19. 998e1006.
- Chen JL, Liu CC, (2001). An ecoinnovative design approach incorporating the TRIZ method without contradiction. Analysis journal of sustainable product design. :1/4, 263-272.
- Chulvi V, Vidal R. (2011) Usefulness of evolution lines in Eco-design. Procedia

engineering 9 . 135–144.

Fussler C, James P, (1997) Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability. Pitman Publishing: London, 364 p.(In) James, P.

Janin M, (2000) Démarche d'écoconception en entreprise, un enjeu: construire la cohérence entre outils et processus.PhD thesis, ENSAM, Chambéry.French.

Kallel WS (2010) Développement d'une méthode d'écoinnovation: Eco-Mal'in. Doctoral Thesis-ENSAM-0058. French

Luttrupp C, Lagerstedt J, (2006) EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice formerging environmental aspects into product development. Journal of Cleaner Production.14,pp.1396-1408

O'Hare JA, (2010) Eco-innovation tools for the early stages: an industry-based investigation of tool customization and introduction.PhD Thesis Department of Mechanical Engineering, University of Bath

Russo D, Regazzoni D, Montecchi T, (2011) Eco-design with TRIZ laws of evolution. Procedia Engineering: 9, 311–322

Strasser, Ch., Wimmer, W , (2003) Eco-Innovation, Combining ecodesign and TRIZ for environmentally sound product development. ICED 03 Stockholm, August ,19- 21