



**HAL**  
open science

# Intégration de la maintenabilité en phase préliminaire de conception en se basant sur la théorie TRIZ

Souad Nabdi, Brahim Herrou

## ► To cite this version:

Souad Nabdi, Brahim Herrou. Intégration de la maintenabilité en phase préliminaire de conception en se basant sur la théorie TRIZ. 3ème Congrès International du Génie Industriel et du Management des Systèmes (CIGIMS'2017) , May 2017, Meknès, Maroc. hal-01527508

**HAL Id: hal-01527508**

**<https://hal.science/hal-01527508>**

Submitted on 24 May 2017

**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.

# Intégration de la maintenabilité en phase préliminaire de conception en se basant sur la théorie TRIZ

Souad Nabdi <sup>1</sup>, Brahim Herrou <sup>2</sup>

1. Laboratoire des techniques industrielles, faculté des sciences et techniques de Fès, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès.  
nabdisouad@gmail.com
2. Laboratoire des techniques industrielles, Ecole Supérieure de Technologie, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, BP. 2427 Route Imouzzer, Fes.  
brahimherrou@yahoo.fr

**Résumé :** L'activité de conception représente un enjeu majeur pour les entreprises, dont la survie dépend bien souvent de la capacité à proposer des produits nouveaux ou développés à moindre coût. Dans ce contexte, la TRIZ propose une démarche intéressante par le fait qu'elle permet de cibler, pour un objectif donné, les problèmes à résoudre. Cette approche conduit à la formalisation d'une solution satisfaisant le problème identifié. De ce fait, elle se distingue des approches traditionnelles de la conception par une durée réduite de génération des concepts de solution et par un nombre restreint de solutions générées. Si l'intérêt de l'application est aujourd'hui reconnu, son intégration pose problème. Dans cette optique, notre travail consiste à intégrer la maintenabilité et la disponibilité en phase de conception préliminaire en se basant sur la théorie TRIZ.

**Mots clés :** *Maintenabilité, TRIZ, Conception préliminaire*

## 1. Introduction

La conception pose de nombreuses questions et son étude est loin d'être achevée. Acte de l'homme depuis le commencement de l'humanité, elle participe à améliorer son quotidien et à le pousser vers une évolution continue. Pourtant, la conception n'a pas été, pendant très longtemps, un objet de recherche, comme le rappelle Garro [1] ; le besoin d'explicitation, de transmettre les connaissances, n'était pas ressenti par des concepteurs désireux d'être les seuls garants de leur processus créatif. De ce fait, l'étude de la conception est récente et son approche peut être confuse, considérée comme un acte inné, un processus, des méthodes, une théorie ; tout a été dit sur la conception, mais aucun consensus n'en est ressorti. Nous allons faire le point sur les différentes notions liées à la conception et de définir notre cadre d'intégration de la maintenabilité en phase de conception préliminaire en se basant sur la théorie TRIZ.

## 2. Définition des concepts

### 2.1. Conception système

La conception en tant que généralisation du concevoir réfère à la construction d'une généralisation intellectuelle des objets. Il est donc nécessaire d'abstraire les objets afin de construire des concepts ; dès lors, une question se pose :

quels éléments introduire dans la généralisation ? Pourquoi prendre en compte tel constituant d'un objet dans la conceptualisation, plutôt que tel autre ? Nous pourrions voir dans des écrits que l'un des axiomes de la modélisation est le point de vue [1] ; dans le cas de la conception, le point de vue dépend de l'objectif de celle-ci et des connaissances du concepteur. Ainsi la conception est le passage d'un besoin à l'identification d'un concept, orienté par des objectifs à atteindre et limité par les connaissances disponibles, afin de reconnaître, dans ce concept, une solution. La seconde définition réfère à la compréhension d'un objet, il faut passer d'une idée vague de comportement d'un objet à la compréhension des mécanismes et lois régissant cet objet. Enfin, la troisième définition réfère à la visualisation d'un concept, d'une représentation mentale, générale et abstraite d'un objet. Ces deux dernières définitions vont de pair : il faut comprendre pour construire une bonne représentation. En conception créative de systèmes techniques, il s'agit de passer de l'idée de réalisation d'une fonction, à la compréhension des mécanismes et lois permettant, physiquement, la satisfaction de cette fonction. La conception, dans le cadre de la créativité portant sur des objets techniques, peut alors s'entendre comme la réalisation de choix technologiques.

Il existe de nombreux choix technologiques à valider, en fonction de ce que l'on souhaite réellement séparer, et des ressources à utiliser. Concevoir est donc comprendre les buts, les contraintes et les ressources utiles à la satisfaction d'un objectif. Simon, spécialiste de l'Intelligence Artificielle, considère la conception en tant que synthèse, dans [2] : « *Cela réfère à concevoir des objets, des processus, des idées pour atteindre des buts, et à montrer comment ces objets, processus, ou idées peuvent être réalisés. La conception est un complément de l'analyse - si l'analyse réfère à la compréhension de propriétés et implications d'un objet, processus ou idée qui a déjà été conçue.* » La norme AFNOR (NF X 50 127) [3] définit la conception comme « *une activité créatrice, qui partant des besoins exprimés et des connaissances existantes aboutit à la définition d'un produit satisfaisant ces besoins et industriellement réalisable.* » Comme évoqué dans la littérature [4], l'activité de conception peut être définie pour désigner une grande variété d'activités. Nous l'utiliserons ici pour désigner, spécifiquement, l'ensemble des activités visant à générer et préciser des descriptions détaillées des produits, avant leur réalisation physique. Ce processus de conception industrielle est une démarche analytique,

utilisée dans le but d'améliorer la qualité du produit final, ainsi que de réduire le temps et les ressources nécessaires pour la production finale.

Nous allons définir la conception dans une autre vision, c'est sa vision en tant que processus. En effet, si nous souhaitons formaliser la conception, il nous faut comprendre les différentes activités propres à cette démarche. Depuis les années 1950, la vision de la conception s'est orientée vers la description d'un processus [5], afin d'augmenter son efficacité et de contrôler son déroulement. Lawson [6] précise qu'il est aujourd'hui populaire de considérer la conception comme une séquence d'activités, mais que, de plus en plus, il faut considérer non seulement le processus de conception, mais également la pensée créatrice qui le réalise, en s'appuyant sur des approches de conception. Garro définit le processus de conception de la façon suivante dans [1] : « 1. Le processus de conception n'est pas un processus de résolution de problèmes. La différence tient dans le fait que le problème est souvent co-défini avec la ou les solutions. Lorsque des solutions sont déjà bien connues, le problème va être peu évolué. Mais dans le cas d'innovation, la dérive est généralement importante.

2. Le processus de conception est partiellement irréversible. Ceci veut dire que plus le processus est

avancé, plus les retours en arrière sont difficiles car ils sont coûteux.

3. Le processus de conception est mal défini dans le temps. On ne sait pas précisément quand est-ce qu'il commence et où il s'arrête. »

Ces définitions nous montrent toute l'ambiguïté de la définition du processus de conception. En effet, il dépend de nombreux éléments, ainsi dans [7], le processus de conception est-il défini comme un ensemble d'activités par lesquelles les concepteurs développent et/ou sélectionnent des moyens pour atteindre un ensemble d'objectifs, soumis à des contraintes. Le processus de conception peut donc différer en fonction des moyens disponibles et des objectifs. Tate et Nordlund présentent un modèle du processus de conception (figure 1) qui est une généralisation de différentes approches de celui-ci, proposées en Europe ou aux Etats-Unis. La terminologie utilisée par Tate et Nordlund est celle de l'approche axiomatique de la conception [8]. L'intérêt de cette modélisation est de faire la distinction entre les conceptions routinières, basées sur les améliorations de produit, et les conceptions inventives, pour lesquelles un processus de formulation de problème et de génération de concepts est nécessaire. Cette formalisation se fait en se basant sur la théorie TRIZ.

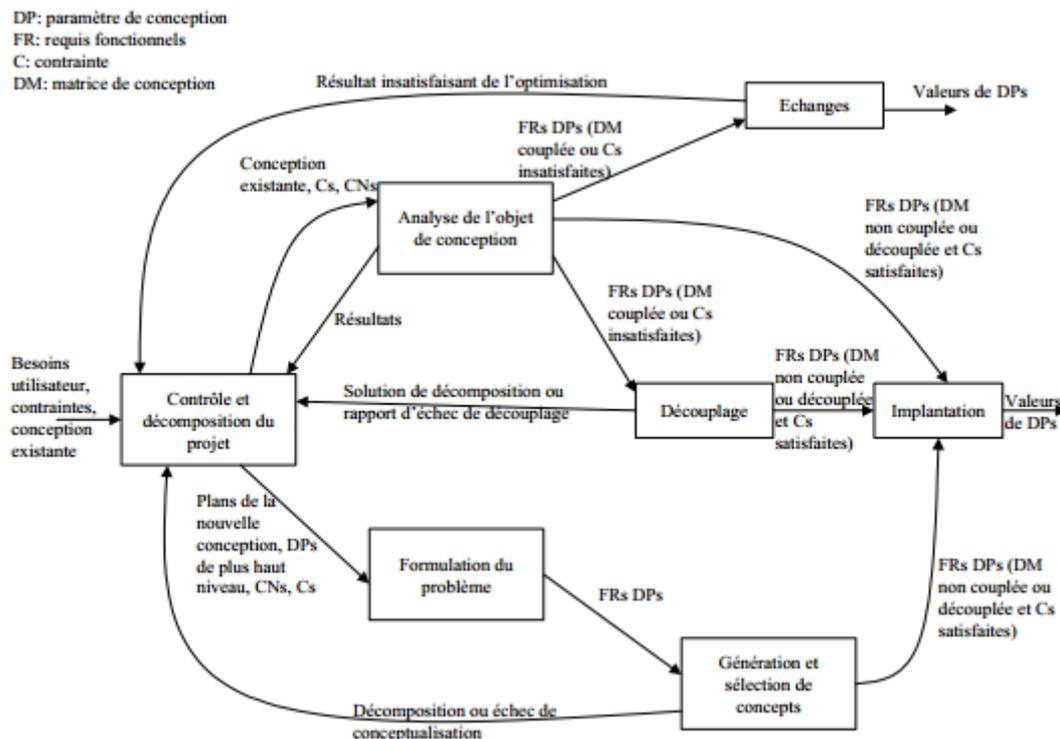


Figure 1: Modèle du processus de conception, selon Tate and Nordlund [7]

## 2.2. Théorie de résolution des problèmes inventifs, TRIZ

La TRIZ est une théorie de résolution des problèmes inventifs proposée par Altshuller [9]. La TRIZ, acronyme russe pour théorie de résolution des problèmes inventifs, est fondé sur un ensemble de notions essentielles, de méthodes de formulation et de résolution de problèmes, ainsi que sur

des méthodes de déblocage de l'inertie psychologique. Les notions de base de cette théorie sont celles :

- **D'idéalité**, permettant de définir une solution optimale, souvent utopique, mais qui fournit à la fois une direction d'évolution et un critère d'évaluation des solutions formulées par rapport à cet idéal

- **D'inertie psychologique** : tout concepteur s'appuie sur une certaine expertise acquise au cours de sa formation, de ses expériences, qui lui font décrire et aborder tout nouveau problème au travers d'une vision spécifique. Celle-ci peut être réductrice dans le cadre d'une conception inventive et empêcher le concepteur de formuler des solutions issues de domaines autres que celui de son expertise
- **Des lois d'évolution** : tout système technique évolue selon un certain nombre de lois qui permettent de décrire les invariants d'évolution au cours du temps. Ces lois sont basées sur le cycle de vie des systèmes, sur l'analyse de leur potentialité en termes économiques et de brevets. Leur connaissance permet d'anticiper les générations futures d'un produit et d'évaluer le degré d'évolution d'un système
- **De contradiction** : tout problème est issu d'une opposition entre un souhait d'évolution lié à une

condition spécifique de l'environnement du système et une loi objective qui empêche la réalisation de cette évolution. Il s'agit d'identifier ces conditions spécifiques et lois objectives afin de pouvoir les contourner au mieux.

La TRIZ aborde la conception avec un point de vue résolution de problème. Elle s'appuie de fait fortement sur les méthodes de reformulation de problèmes et de résolution par l'analogie. Afin de permettre un tel raisonnement par analogie, Caplat [10] définit qu'il est nécessaire de disposer d'un modèle de formulation des problèmes pour les classer et les comparer à des solutions génériques. Dans la TRIZ, les méthodes de formulation de problèmes s'attachent à identifier systématiquement une contradiction inhérente à toute situation problématique en analysant les besoins d'évolution ainsi que les lois s'opposant à la réalisation de ces besoins.

Le processus de conceptualisation qui est à la base de la méthode est souvent présenté ainsi : [11]

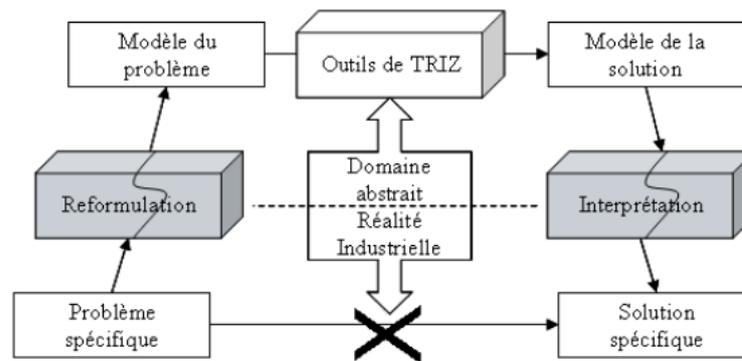


Figure 2: Processus de conceptualisation et de résolution de problème mis en œuvre avec TRIZ

A partir du problème spécifique, il s'agit dans un premier temps de formuler un problème "standard" ou général, puis d'utiliser les outils TRIZ pour déterminer les solutions génériques, et enfin d'interpréter ces solutions génériques pour en tirer des solutions spécifiques. A ces 3 étapes classiques, il convient toutefois d'ajouter des étapes qui, sans être propres à TRIZ, sont utilisées dans les faits : une étape amont d'identification du problème à traiter, et une étape aval d'évaluation.

### 3. Intégration de la maintenabilité en conception en se basant sur TRIZ

#### 3.1. Modèle initiale

Dans sa version principale développée par Alshuller, la TRIZ n'intègre pas d'une manière explicite la sûreté de

fonctionnement. Une mise à jour de la matrice de résolution des contradictions, effectuée par la société CREAX en 2000 [12] afin d'étendre ses applications et mieux l'adapter aux problèmes techniques de la société d'aujourd'hui révèle de nouveaux paramètres. Ceci a permis d'aboutir en 2003 [12] à une matrice à 48 entrées.

Parmi les nouveaux paramètres nous pouvons citer, entre autre, la sécurité d'utilisation, la sûreté de fonctionnement et la complexité du contrôle. Cette matrice n'a pas pu faire ses pas dans la communauté scientifique étant donné qu'elle ne fait pas l'œuvre d'aucun travail scientifique.

D'un autre côté et dans l'objectif d'adapter TRIZ aux objectifs de la sûreté de fonctionnement, en se basant sur les travaux présentés dans Hasan [13], nous allons proposer une approche pour la formalisation des problèmes de la sûreté de fonctionnement comme point d'entrée dans TRIZ

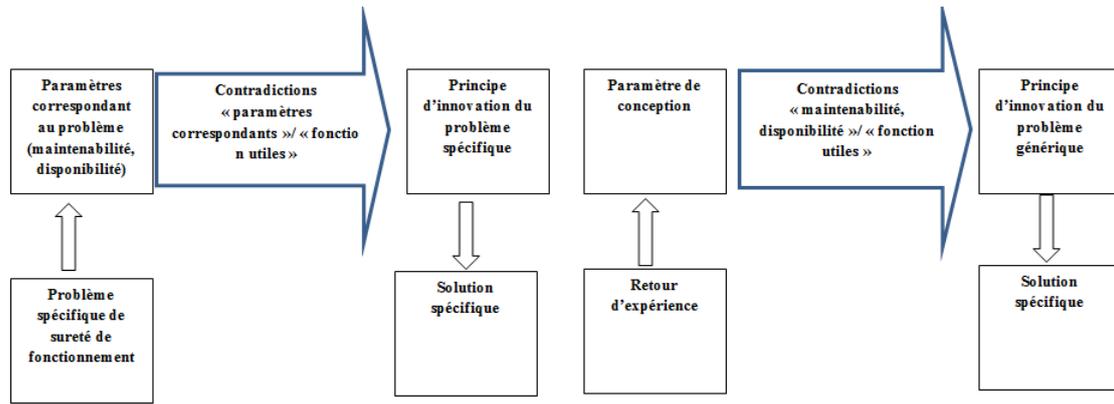


Figure 3: Intégration de la sûreté de fonctionnement par la situation de travail et la matrice de contradiction

L'exploration de ces deux voies a montré que :

D'une part, l'interprétation des principes d'innovation issus du modèle (Figure 3) de la situation de travail est fortement dirigée par les problèmes de sûreté de fonctionnement, et ainsi permet des améliorations locales en phase de conception détaillée; et qu'en ce qui ne correspond pas à notre problème d'étude qui est en phase de conception préliminaire en se basant sur le formalisme de « Pahl & Beitz ».

D'autre part, la matrice d'innovation traduit les problèmes de sûreté de fonctionnement en un unique paramètre. Et même si l'interprétation devient assez large et donc peut toucher les concepts et les architectures, il n'existe aucun guide ni pour la formulation de la contradiction, ni pour l'interprétation des principes d'innovation. Par conséquent, sa mise en œuvre s'avère très difficile et manque de crédibilité.

L'exploration de cette voie montre une nécessité de développer une démarche de définition des problèmes de sûreté de fonctionnement et plus précisément celles de maintenabilité et de disponibilité qui pourrait compléter l'approche TRIZ dans la résolution des problèmes techniques en se basant sur le formalisme de Pahl & Beitz. Dans cette optique nous allons proposer un autre formalisme complémentaire au modèle proposé (figure 3).

### 3.2. Modèle complémentaire

Le modèle que nous proposons pour l'intégration de la maintenabilité dans la conception est développé dans le cadre du processus de conception systématique décrit par [14] et basé sur quatre étapes caractéristiques: la clarification des tâches ou la définition du besoin client, la conception conceptuelle, la conception architecturale et la conception détaillée du produit. Une approche systématique a l'avantage d'être une approche algorithmique, c'est-à-dire qu'elle décrit le meilleur chemin à suivre pour parvenir à un objectif. Cependant, quand il s'agit de concevoir pour un objectif bien défini, ces approches s'avèrent difficilement applicables du fait que certaines étapes peuvent être fusionnées [15]. Pahl et Beitz furent les premiers à décrire le processus de conception comme un processus systématique [13]. Nous retenons l'avantage de cette approche dans la description précise et structurée du produit tout au long de son processus de développement. Par

ailleurs, nous utilisons l'expression de ressources de la conception comme définies dans TRIZ et qui correspond aux substances, champs et autres attributs d'un système technologique. De cette manière, nous agissons directement sur la source du problème pour maîtriser et éliminer les risques de défaillances dans un but d'optimiser la disponibilité.

Les exigences du cahier des charges interviennent dans les trois étapes de la conception. Ainsi, suivant la nature de l'exigence et son niveau d'abstraction, cette dernière va intervenir à l'une ou l'autre des étapes de conception. De plus les exigences fonctionnelles, même techniques, ne sont jamais entièrement définies au début de la conception. Il est ainsi clair que le processus de développement physique du produit est accompagné par une intégration et une élaboration continue des exigences. En conséquence, chaque étape du processus de conception est divisée en deux domaines: fonctionnel et physique. Le domaine fonctionnel correspond aux exigences techniques et le domaine physique aux solutions techniques.

L'approche complémentaire proposée pour l'intégration de la maintenabilité en conception préliminaire est comme suit :

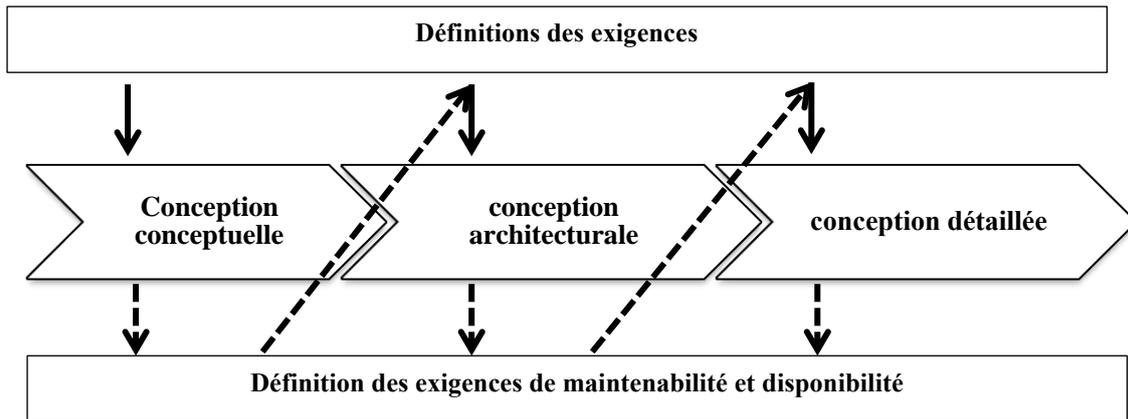


Figure 4: Modèle d'intégration de la maintenabilité et la disponibilité en phase préliminaire de conception

Dans la figure 4, nous avons présenté l'intégration des exigences de la sûreté de fonctionnement en terme de maintenabilité et disponibilité au plus tôt dans la conception des produits et cela consiste à identifier ces exigences à travers l'analyse des choix technologiques et du retour

d'expérience, traduire ces exigences en indicateurs et prendre en considération ces exigences systématiquement dans la synthèse de nouvelles solutions au même titre que les exigences techniques. Ainsi pour générer de nouvelles solutions nous adoptons le modèle présenté dans la figure 5.

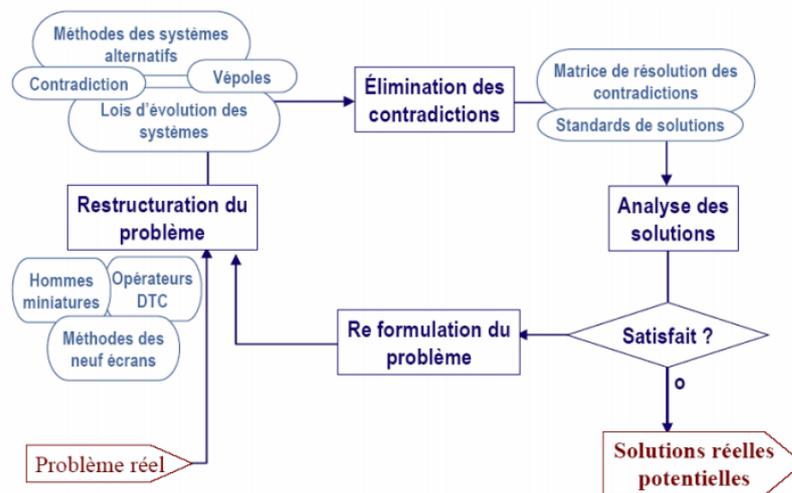


Figure 5: Modèle TRIZ de génération de nouvelles solutions techniques selon les exigences de sdf

#### 4. Conclusion

Dans la conception des produits techniques, la sûreté de fonctionnement des équipements est prise en compte à la fin du processus de conception et plus particulièrement à l'étape de la conception détaillée. De par les caractéristiques inhérentes de chacune des deux disciplines de conception et de la sûreté de fonctionnement, pour être efficaces les méthodes actuelles d'analyse nécessitent une description détaillée du produit. Cependant, le retour d'expérience montre que ce type d'intégration séquentielle de la sûreté de fonctionnement ne permet pas d'atteindre les résultats escomptés.

De ce fait, l'objectif de ce travail est de proposer un modèle de préconception en se basant sur les méthodologies existantes permettant une intégration formelle et structuré

de la maintenabilité en phase préliminaire de conception. Pour se faire, nous avons initialement présenté les différentes définitions de la conception de distinctes visions, ensuite nous avons fait recours à la matrice de contradiction de la théorie TRIZ pour présenter le modèle initiale pour l'intégration de la maintenabilité en conception préliminaire qui a montré un manque. Nous avons par la suite remédié à ce manque par l'adoption du formalisme de Pahl & Beitz et proposer un modèle d'intégration des exigences de la maintenabilité et la disponibilité en phase préliminaire de la conception et gérer les problèmes et générer des solutions innovantes en se basant sur le modèle TRIZ.

## Références

- [1] Garro, O. Thématique de Recherche Conception Innovante et Distribuée, 2000
- [2] Simon, H. A. Sciences des Systèmes, Sciences de l'Artificiel, Dunod, Paris, (1969) - The Sciences of the Artificial, Cambridge, The MIT Press, 1992
- [3] NF X 50 127, Recommandations pour obtenir et assurer la qualité en conception, Editée par Association Française de normalisation (AFNOR), version de Janvier 1988
- [4] Mili, F., Shen, W., Martinez, I., Noel, P., Ram, M. and Zouras, E. Knowledge modelling for design decisions. Artificial Intelligence in Engineering, 15, (2), pp. 153-164, 2001
- [5] Perrin, J. Concevoir l'innovation industrielle. Méthodologie de conception de l'innovation, 2-271-05822-8, Paris, 2001
- [6] Lawson, B., Bassanino, M., Phiri, M. and Worthington, J. Intentions, practices and aspirations: Understanding learning in design. Design Studies, 24, pp. 327-339, 2003
- [7] Tate, D. and Nordlund, M. A Design Process Roadmap as a General Tool for Structuring and Supporting Design Activities. Second World Conference on Integrated Design and Process Technology (IDPT-Vol. 3), Austin, TX, Dec. 1-4, 1996
- [8] Suh, N. Axiomatic Design: Advances and Applications, Oxford University Press. 2001
- [9] Altshuller, G. Et soudain apparut l'inventeur: les idées de TRIZ. 2006
- [10] Caplat, G. Modélisation Cognitive et Résolution de Problèmes, 2-88074-495-4, Lausanne, 2001
- [11] Denis Choulier, TRIZ : une approche de résolution des problèmes d'innovation dans la conception de produits, Université de Technologie de Belfort Montbéliard, France, 2002
- [12] Mann, D., Dewulf, S. Matrix 2003: Updating the TRIZ Contradiction Matrix: CREAX press, 2003
- [13] Hasan, R., Martin, P., Bernard, A., Solving Contradictions Problems Related to Safety Integration in Design Process. TRIZ Journal, 2004
- [14] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.-H., Engineering design: Asystematic approach. 3rd edition Berlin: Springer-Verlag, 2007
- [15] Suh, N. Ergonomics, Axiomatic Design and Complexity Theory. Theoretical Issues in Ergonomics, 8, 101-121, 2007