



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID: 8426

**To cite this version:** Botero, Juan Diego and Beler, Cédric and Noyes, Daniel and Geneste, Laurent Analyse du cycle de vie du produit par retour d'expérience: proposition d'un outil d'assistance au processus de réponse à appel d'offres. (2012) In: 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation, 6-8 Juin, 2012, Bordeaux, France.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

## ANALYSE DU CYCLE DE VIE DU PRODUIT PAR RETOUR D'EXPERIENCE : PROPOSITION D'UN OUTIL D'ASSISTANCE AU PROCESSUS DE REPONSE A APPEL D'OFFRES

Juan Diego BOTERO, Cédric BELER, Daniel NOYES, Laurent GENESTE

Laboratoire Génie de Production / INP-ENIT – Université de Toulouse,  
47 Avenue d'Azereix, 65016 Tarbes Cedex, France  
juan.botero@enit.fr; cedric.beler@enit.fr; daniel.noyes@enit.fr; laurent.geneste@enit.fr

**RESUME :** Ce travail a pour objectif d'établir les principes d'un outil d'aide à la décision pour l'instrumentation du processus de réponse aux appels d'offre (PRAO) permettant au maître d'œuvre de conduire efficacement ce processus en minimisant les risques encourus. Le but est de définir un outil interactif utilisant l'expérience acquise dans le déroulement des projets passés pour détecter, rendre compte et minimiser les risques du processus en cours. Pour cela, nous définissons le PRAO et explicitons les différents risques susceptibles d'affecter sa réalisation, puis nous proposons une architecture intégrant ce processus et le retour d'expérience (REX). Enfin, nous définissons une instrumentation de cette méthodologie à partir d'un outil informatique, nommé BP\_IAT (Bid Process Interactive Analysis Tool), permettant de prendre en compte les expériences passées pour répondre à un nouvel appel d'offre en minimisant les risques potentiels lors du choix d'un concept de la solution en cours de développement.

**MOTS-CLES :** Appel d'offre, retour d'expérience, gestion de risques, conception préliminaire, aide à la décision.

### 1 INTRODUCTION

Le processus de réponse à appel d'offres (PRAO) est devenu en quelques années une pratique incontournable pour quasiment tous les secteurs professionnels. Pour fonctionner, l'appel d'offre repose sur la mise en concurrence de prestataires potentiels. Chaque acteur va consacrer du temps et des ressources pour faire des propositions qui ne seront pas toujours retenues. Pour être acceptées, les propositions doivent répondre aux attentes du client en minimisant le coût et le délai et en garantissant un bon niveau de qualité.

Le PRAO est une pratique risquée. En effet, au-delà du risque évident de non acceptation de l'offre, il existe celui d'une appréciation incorrecte par le maître d'œuvre (MOE) des difficultés sous-tendues par la réalisation (mauvaise prise en compte du contexte de réalisation, erreurs d'évaluation) pouvant biaiser la nature de l'offre. Si celle-ci est acceptée, le prestataire risque de s'engager dans un processus très pénalisant (dépassements de budgets, non conformités aux exigences techniques, non-respect des délais,...). Afin de minimiser ces risques, nous prévoyons d'intégrer un processus de retour d'expériences à cette procédure, en association avec le cycle de vie du produit, afin de prendre en compte les problèmes survenus dans le passé pour la conception du nouveau système en réponse à l'appel d'offre.

Ce document est organisé en quatre sections :

- La section 2 présente des concepts clés tels que le processus de réponse à appel d'offres, le retour d'expériences, l'évaluation des risques et le proces-

sus de conception. Dans cette partie, nous positionnons le PRAO dans un cadre de conception à l'aide de différentes approches et montrons le rôle du REX dans ce processus.

- Dans la section 3, nous présentons une architecture intégrant le retour d'expérience dans le cycle de vie du produit. Nous y identifions les processus de capitalisation et d'exploitation des expériences axés sur l'évaluation des risques. Puis, nous positionnons le PRAO et définissons la méthodologie de réutilisation des acquis pour la conception d'un nouveau système.
- L'instrumentation d'un outil d'analyse pour le PRAO employant une méthodologie de retour d'expérience est précisée dans la section 4. Ici, nous définissons l'outil informatique BP\_IAT, nous détaillons les différents aspects à modéliser et nous établissons le mécanisme de recherche pour l'exploitation.
- Les conclusions et perspectives sont présentées dans la section 5 et montrent les résultats obtenus dans la première phase de recherche et les perspectives.

### 2 LE PROCESUS DE REPONSE A APPEL D'OFFRES ET LE RETOUR D'EXPERIENCE

#### 2.1 Processus de réponse à appel d'offres

Un appel d'offres est une procédure qui permet au maître d'ouvrage de faire le choix de l'entreprise la plus à même de réaliser une prestation de travaux, fournitures ou services [Benaben, 09]. Chaque acteur fait une réponse à l'appel d'offre mais pour pouvoir être acceptées, les propositions en réponse au cahier des charges (CdC) doivent répondre aux attentes tout en restant économiquement viables. Elles sont fortement contraintes car

souvent dictées par le compromis entre coût minimum et réalisation des fonctions de services du CdC.

Selon [Chalal et Ghomari, 06], le PRAO correspond à la première phase du cycle de vie du produit et comporte les étapes suivantes :

- réception de l'AO et des documents associés (cahier des charges clients (CdC)),
- faisabilité (étude des possibilités de réponse incluant une analyse technique et financière primaire),
- décision de poursuite couplée aux choix stratégiques d'entreprise,
- élaboration de la réponse, cotation et évaluation,
- négociation.

Une des principales caractéristiques du PRAO est sa courte durée. L'entreprise n'a souvent que peu de temps pour élaborer la réponse au client, ce qui impose de fortes contraintes et l'expose à plusieurs risques. De façon générale, le premier niveau de risque est que l'offre ne soit pas retenue. Ensuite, en cas d'acceptation, si la proposition a été mal élaborée, elle peut engager le MOE dans un processus de réalisation mal adapté, pouvant avoir des conséquences catastrophiques.

### 2.1.1 Définition et modélisation du PRAO

[Benaben, 09] s'appuie sur les résultats de [Chalal et Ghomari, 06] pour proposer un modèle descriptif du PRAO (cf. Figure 1), modèle qui synthétise bien les activités successives réalisées durant le PRAO.

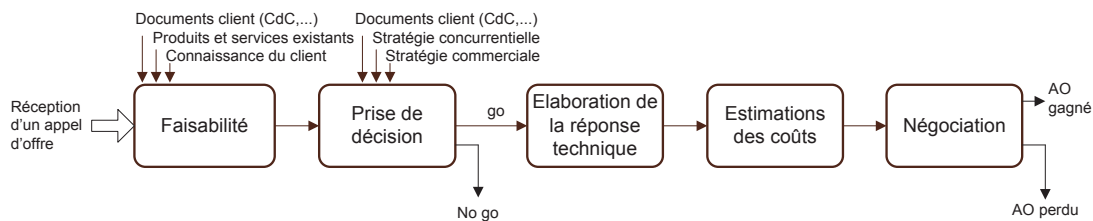


Figure 1. Modèle processus de réponse à appel d'offre [Benaben, 09]

Ce modèle comprend une phase d'analyse de l'offre (de la réception de l'AO à la décision de poursuite) dans laquelle l'auteur sépare l'étude de faisabilité de la prise de décision liée. On trouve ensuite l'étape d'élaboration de la réponse qui consiste à définir les principes de solutions puis celle d'évaluation économique pour le chiffrage des concepts des solutions retenues et des coûts annexes. L'étape de négociation consiste en l'envoi de l'offre au client et à la discussion avec ce dernier sur des points techniques ou économiques nécessitant des modifications. Cette étape débouche finalement sur la réponse positive ou négative de la part du client.

Le but, dans le PRAO, est de proposer une offre au client sous la forme d'un principe de solution. L'objectif est de fournir une réponse « optimale » en un temps réduit en gardant en mémoire que les engagements pris durant ces phases vont conditionner une grande partie des coûts du produit (80% des coûts du produit sont fixés dans la phase de création du concept) [Sallaou *et al.*, 05].

Pour définir les actions successives que nécessite la création d'un concept de solution, nous nous appuyons, sans perte de généralité, sur le cas de la conception d'un produit ou d'un système et sur la comparaison que [Benaben, 09] a faite avec les étapes constitutives d'un processus de conception classique.

Nous avons considéré le processus de conception proposé par [Hadj-Hamou, 02] afin d'extraire la(les) étape(s) qui nous intéresse(nt). La phase correspondant au PRAO dans le processus de conception est celle de conception préliminaire. Nous nous focalisons sur cette étape.

## 2.2 Retour d'expérience (REX)

Le Retour d'Expérience est une démarche structurée de capitalisation et d'exploitation des informations issues de l'analyse d'événements positifs et/ou négatifs [Rakoto *et al.*, 02]. Cette démarche met en œuvre un ensemble de ressources humaines et technologiques qui doivent être managées pour contribuer à réduire les répétitions d'erreurs et à favoriser certaines pratiques performantes.

Le retour d'expérience au sens large concerne l'analyse d'un fait ou d'un événement passé en vue de réutiliser la connaissance sous-jacente. Suivant la nature positive ou négative des effets de la situation analysée, l'objectif sera de reproduire ou bien d'éviter une situation de même type. Nous appelons « base de retour d'expériences » l'ensemble des expériences recueillies en vue d'une réutilisation. Deux types d'activités du retour d'expérience peuvent être distingués :

- les activités de « capitalisation » pour tout ce qui concerne l'alimentation en expériences et en connaissances de la base,
- les activités d'« exploitation » en rapport avec l'utilisation d'expériences de la base. La base est utilisée soit pour faire face à une nouvelle situation, soit pour faire de la prévention, de la formation... Les expériences peuvent être exploitées directement (un problème a déjà été résolu et sa solution est adaptée ou appliquée directement) ou par généralisation (plusieurs problèmes ont été résolus et il est possible de définir des règles générales qui permettront d'éviter qu'ils se reproduisent).

Capitalisation et exploitation sont intégrées aux processus métier que l'on souhaite instrumenter. La capitalisa-

tion doit idéalement être la moins intrusive possible et ne pas modifier les habitudes de l'utilisateur pour ne pas alourdir son travail quotidien. L'exploitation peut être conduite selon deux modes : le mode « pull » où un utilisateur va lui-même interroger la base de connaissances et chercher l'information qui l'intéresse et le mode « push » où le système intègre de façon plus systématique et automatisée les résultats du retour d'expérience selon des points d'entrée bien définis dans les processus métiers considérés.

### 2.3 Evaluation des risques par l'expérience

Le risque est classiquement vu comme le produit du taux d'occurrence d'un événement dommageable par le degré de gravité pressenti associé à cet événement et correspondant généralement aux pertes potentielles [Favre *et al.*, 98]. L'évaluation du risque peut résulter du calcul suivant :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

où l'aléa représente le taux d'occurrence d'un événement et la vulnérabilité les pertes potentielles associées.

Tout en restant à ce même niveau de généralité, on peut déjà envisager une classification des risques pour le PRAO selon leur typologie. On peut distinguer des risques de type organisationnel, technique, humain, financier,... Partant du risque  $R_i$  associé à un événement  $i$  égal à :

$R_{ip} = P_{ip} * I_{ip}$  (indice  $p$  pour prévisionnel), on peut envisager trois cas :

- (1) un événement prévu qui ne s'est pas produit ( $P_{ip} \rightarrow 0$ ),
- (2) un événement prévu qui s'est produit ( $P_{ip} \rightarrow 1$  avec un impact  $I_{ie}$  (indice  $e$  pour effectif) à comparer à  $I_{ip}$ ),
- (3) un événement non prévu qui s'est produit ( $P_{ip} = 0 \rightarrow 1$  avec un impact  $I_{ie}$ ).

Dans l'objectif d'un retour d'expérience dédié à la prévention des risques et pour caractériser ces risques de manière acceptable (en vue d'une exploitation informatisée), il est nécessaire d'explicitier les liens entre les constituants de l'expérience (principalement son contexte) et l'événement dommageable étudié [Béler, 08]. Une expérience est définie par un contexte qui englobe les conditions de réalisation d'un événement. Dès lors, un contexte suffisamment détaillé constitue une approximation exploitable pour permettre d'identifier et de capitaliser les causes de l'événement lors de la phase d'analyse.

Nous considérons alors que l'analyse d'un contexte inclut la projection des causes de l'événement décrit. Idéalement, il faudrait construire le contexte comme l'ensemble des informations relatives aux causes de chaque événement. Dans le cadre de ce travail, nous avons choisi une construction plus simple, en partant du contexte général pour aller vers la construction de sous-ensembles causaux par l'intermédiaire des analyses.

## 3 INTEGRATION DU REX DANS LE CYCLE DE VIE DE PRODUIT

Bien que notre objectif soit d'instrumenter le PRAO, il est très vite apparu nécessaire de considérer l'ensemble du cycle de vie du produit car les choix faits dans cette étape peuvent avoir des conséquences à différents moments du cycle de vie (cf. Figure 2). Cette approche intégrée est d'ailleurs comparable à l'ingénierie système qui est un domaine interdisciplinaire pour la gestion et la conception de systèmes complexes dans le cycle de vie globale (Goode *et al.*, 57).

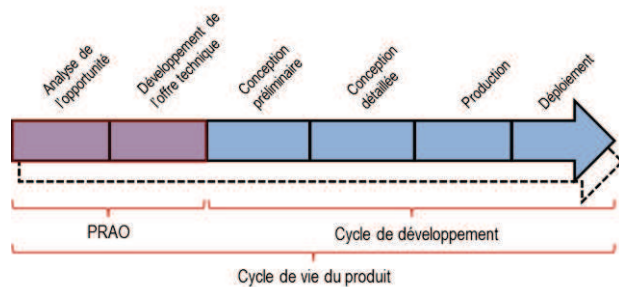


Figure 2. Ensemble Cycle de vie du produit

Nous définissons le cycle de vie d'un produit dès la réception de l'appel d'offre jusqu'à sa mise hors d'usage. Ensuite, nous l'associons à un processus de retour d'expérience. Nous identifions toutes les étapes à partir desquelles sont capitalisées les expériences lors de la réception d'un nouvel appel d'offre. Nous identifions aussi les différents axes d'exploitation dans le cycle de vie. Enfin, nous inscrivons cette proposition dans le sous-processus de PRAO qui sera analysé plus finement.

Une présentation détaillée du modèle peut-être trouvée dans [Botero *et al.*, 12]. Nous ne reprenons ci-après qu'une description succincte de cette architecture ainsi que les bases des mécanismes de réutilisation des acquis.

Partant du fait que le PRAO correspond à la phase initiale d'un processus classique de conception, nous décrivons le cycle de vie d'un produit où nous positionnons le PRAO. Dans notre représentation, nous avons identifié quatre sous processus : l'appel d'offre, la réponse à l'appel d'offre, le développement/réalisation et le support/maintenance. L'intégration du cycle de vie du produit avec un retour d'expérience basé sur une analyse des événements est illustrée sur la figure 3.

### 3.1 Description de l'architecture

Dans le sous-processus « Appel d'offre », la première étape est la réception de l'appel d'offre (AO) qui comprend le cahier des charges (CdC). Lorsque l'appel d'offre est reçu, il faut l'analyser afin de décider si l'entreprise doit poursuivre le processus et faire une proposition ou si elle doit s'arrêter. A ce moment, il faudra prendre une décision quant à la poursuite ou non de l'AO. Si la décision est de poursuivre le processus, l'étape suivante (le PRAO) débute et il faudra établir les causes de poursuite ; par contre, si la décision est de ne

pas faire de proposition, il faudra faire une analyse sur les causes de non proposition. Lorsque les causes auront été établies, il faudra les capitaliser en les associant aux éléments du contexte. Souvent, il est plus facile et intéressant de formaliser une expérience en l'associant à son contexte car c'est à partir de ce contexte que pourront être réutilisées toutes les analyses.

Le sous-processus de « **Réponse à appel d'offre** » débute lorsque la décision de poursuite est prise. Dans notre approche, il s'agit de la phase de conception préliminaire d'un processus de conception classique. Au cours de cette phase, les concepteurs doivent imaginer des solutions conceptuelles permettant de répondre aux

besoins exprimés dans le cahier des charges. Lorsque le maître d'œuvre (MOE) décide de poursuivre le PRAO, l'étape de développement de l'offre technique débute et c'est là qu'il doit envisager les solutions potentielles de conception avec l'équipe de conception afin de choisir la/les solutions qui seront proposées au client. Lorsque les différentes solutions concurrentes ont été représentées, il faut faire un premier choix parmi celles-ci et l'évaluer. Nous proposons ici de réaliser une évaluation à l'aide des expériences passées de façon interactive en fonction des choix des concepteurs. Ainsi, il est possible d'ajuster une proposition en fonction des problèmes et relativement à des choix passés (un composant, un fournisseur, une méthode, etc.).

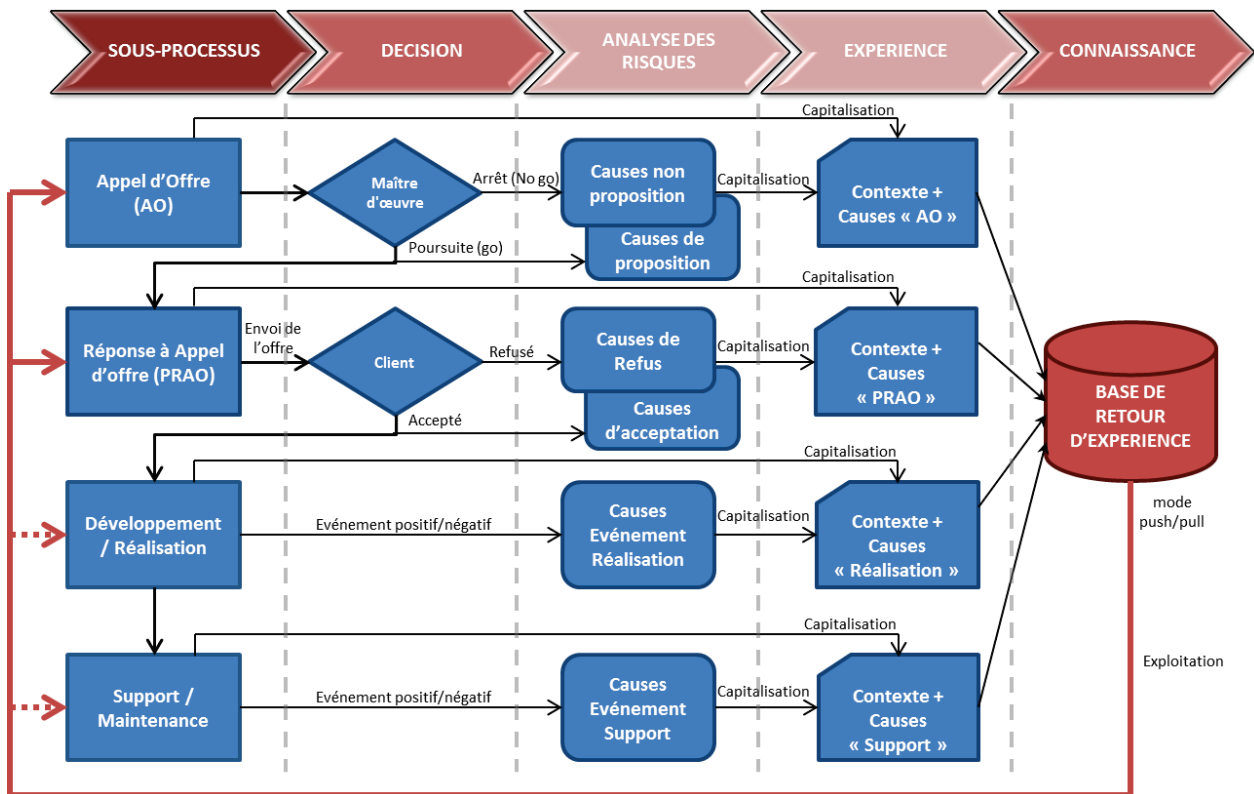


Figure 3. « Intégration du REX avec le cycle de vie produit »

Bien que la solution de conception ait déjà été évaluée et ajustée plusieurs fois jusqu'à obtenir une proposition viable, l'étape suivante consiste à finaliser l'offre à proposer au client.

Au final, il ne reste plus qu'à adresser l'offre choisie afin que le client prenne une décision soit de refus, soit d'acceptation. Dans ce dernier cas, le processus se poursuit et il faut faire une analyse de causes d'acceptation. Le prestataire doit alors mettre en place la stratégie à suivre afin de développer le produit, basée sur l'offre technique proposée dans l'étape précédente. En cas de refus, le PRAO est terminé et il faut alors engager un processus de capitalisation de l'expérience acquise, i.e. l'analyse des causes de non acceptation.

Le sous-processus de « **Développement/Réalisation** » débute lorsque le client accepte l'offre proposée par

l'entreprise. Le MOE est alors confronté à la première activité de ce sous-processus : la *Conception Détaillée*. Cette activité est souvent bien plus longue et coûteuse que les phases précédentes. Beaucoup d'efforts y sont consacrés, contrairement à la conception préliminaire [Chenouard, 07]. La conception détaillée s'appuie sur le dossier de conception préliminaire qui est, en fait, l'offre technique déjà acceptée par le client. Elle est terminée par la production d'un dossier de conception détaillée. Lorsque ce dossier est obtenu, l'activité de *Production* commence. Elle consiste en l'engagement du processus de développement du système sur lequel influent tous les facteurs de production. De façon générale, les tâches formant cette activité sont la planification des facteurs de production, la réalisation et la vérification des constituants et leurs assemblages selon le plan d'intégration.



La dernière activité est celle de *déploiement/livraison* où il faut déployer une stratégie logistique afin d'assurer que le client recevra un produit doté de toutes les caractéristiques souhaitées, dans le délai prévu et au coût établi initialement.

Si un événement positif ou négatif survient au cours de ces tâches, il faut l'analyser afin d'identifier ses causes et les capitaliser avec son contexte comme cela a été fait dans les sous-processus précédents.

Lorsque la solution est livrée au client, le sous-processus de « **Support/Maintenance** » débute. Il est alors important de faire le suivi et la surveillance afin de détecter les problèmes possibles qui surviennent dans cette phase. D'une part, cela impacte directement sur des coûts de service après-vente et, d'autre part, cela permet d'améliorer réellement la solution conçue et la réputation de l'entreprise.

L'activité *Retrait* termine le cycle de vie du produit; elle a pour objectif de retirer le produit du marché et le traiter pour ne pas engendrer de conséquences négatives sur l'environnement. Comme à l'étape précédente, si un événement survient, il faut l'analyser afin de trouver ses causes et les capitaliser avec son contexte pour alimenter la base en vue d'une réutilisation ultérieure.

### 3.2 Mécanisme de réutilisation des acquis

Nous considérons qu'une expérience associée à un AO particulier comprend potentiellement les quatre sous-processus que nous venons de décrire (*cf.* §3.1). La capitalisation effective des expériences n'est pas simplement leur sauvegarde dans une base. D'abord, il est intéressant de ne stocker que les cas « significatifs ». Ensuite, il est possible de réaliser simultanément des indexations afin de faciliter les traitements d'exploitation futurs (principalement de recherche mais aussi d'adaptation). De même, nous pourrions capitaliser des connaissances généralisées à partir des expériences puisque l'on peut ajouter par exemple des contraintes, des règles ou des exceptions génériques pour tous les cas stockés et ceux qui seront développés dans le futur. Cette étape du cycle de retour d'expérience est dite étape de « filtrage/généralisation ».

Dans notre approche, nous nous intéressons aux expériences individuelles afin de prendre en compte leurs problèmes pour inférer le risque d'utilisation d'un concept ou composant dans un nouveau cas. Nous n'avons pas abordé ici les problématiques de « filtrage/généralisation » ou encore de « mise à jour de la base » (révision de la connaissance capitalisée).

Le processus d'exploitation consiste à utiliser la base d'expérience/connaissance et à réinjecter ces informations dans les différents sous-processus du cycle de vie du produit. Il est possible d'utiliser cette information afin d'optimiser et améliorer les pratiques et procédures au long du cycle de vie. Pour le sous-processus d'AO, nous

pouvons utiliser l'expérience pour aider au choix de poursuite ou non du PRAO. Pour le PRAO, il est possible d'aider à faire une proposition d'offre viable en réduisant les risques, tel que présenté dans ce travail. L'aide à la conception et à la planification est possible dans le sous-processus de développement/réalisation en réutilisant des expériences similaires. Enfin, il est encore possible de réutiliser les solutions des problèmes de maintenance déjà capitalisées dans le sous-processus support/maintenance pour traiter de nouveaux cas.

Nous nous focalisons sur le sous-processus de réponse à appel d'offre qui est, selon nous, le cas moins souvent traité. Il est néanmoins important d'insister sur le fait que toutes les informations capitalisées dans les différents sous-processus sont ré-exploitable dans le cadre du PRAO seul. Ainsi, après capitalisation, les expériences stockées dans la base de retour d'expériences seront exploitées à chaque nouvel appel d'offre. Nous partons de l'hypothèse que si l'on fait une bonne planification en phase de conception préliminaire ou PRAO, on pourra minimiser les risques en phase de réalisation.

Nous nous intéressons donc au PRAO en définissant les principes d'instrumentation d'un outil d'analyse capable de prendre en compte les expériences passées recueillies tout au long du cycle de vie du produit pour les réutiliser lors de la définition d'une nouvelle offre.

## 4 INSTRUMENTATION DE L'OUTIL D'ANALYSE POUR LE « PRAO »

Dans cette section, nous définissons l'outil informatique BP\_IAT (Bid Process Interactive Analysis Tool)<sup>1</sup> qui permettra d'aider les concepteurs à faire le choix des concepts et/ou composants du système en réponse à un appel d'offre. Nous allons définir ce système à partir des expériences de cycles de vie passés. Le but est d'avoir un mécanisme interactif qui expose les problèmes associés à un concept ou un composant que pourrait choisir l'utilisateur ainsi que son niveau de risque. Un classement des problèmes en accord avec cette mesure de risque doit ensuite être réalisé. Ainsi, le concepteur pourra tenir compte des risques dans son choix de composant. Il pourra soit les tolérer, soit essayer de les minimiser en choisissant d'autres voies de façon interactive.

Un aperçu de l'ergonomie de l'outil BP\_IAT proposé est fourni sur le schéma de la Figure 4. Lorsque la décision de poursuite du PRAO est prise, le cycle d'évaluation et d'ajustement du modèle initial commence, assisté par l'outil informatique. Ce processus débute avec un modèle générique qui représente toutes les possibilités de conception d'un produit ou système. A partir de cette vue arborescente, le concepteur pourra choisir, parmi toutes les branches, les concepts, sous-systèmes ou com-

<sup>1</sup>L'outil BP\_IAT est un outil interactif d'aide à la décision en phase de réponse à appel d'offre tenant compte des expériences passées. Actuellement, les principes ainsi que l'architecture générale de l'outil, la structuration arborescente des données et les algorithmes de recherche associés sont spécifiés.

posants qui constitueront la conception initiale. Cette conception initiale servira ensuite du modèle de travail.

Dès lors, le choix d'un nœud du modèle par l'utilisateur lui permet d'accéder à un tableau de bord qui recense tous les problèmes associés au concept ou composant choisi ainsi que leurs causes et, éventuellement, la solution capitalisée ainsi que le niveau de risque.

Ces informations sont issues des analyses des quatre sous-processus définis pour le cycle de vie du produit (cf. section 3). De plus, nous proposons une option qui permet au concepteur de valider ou non, après étude, les expériences considérées selon son jugement (exclusion des expériences non significatives d'après l'avis expert). Le séquençement porté sur le schéma de la Figure 4 résume ces étapes.

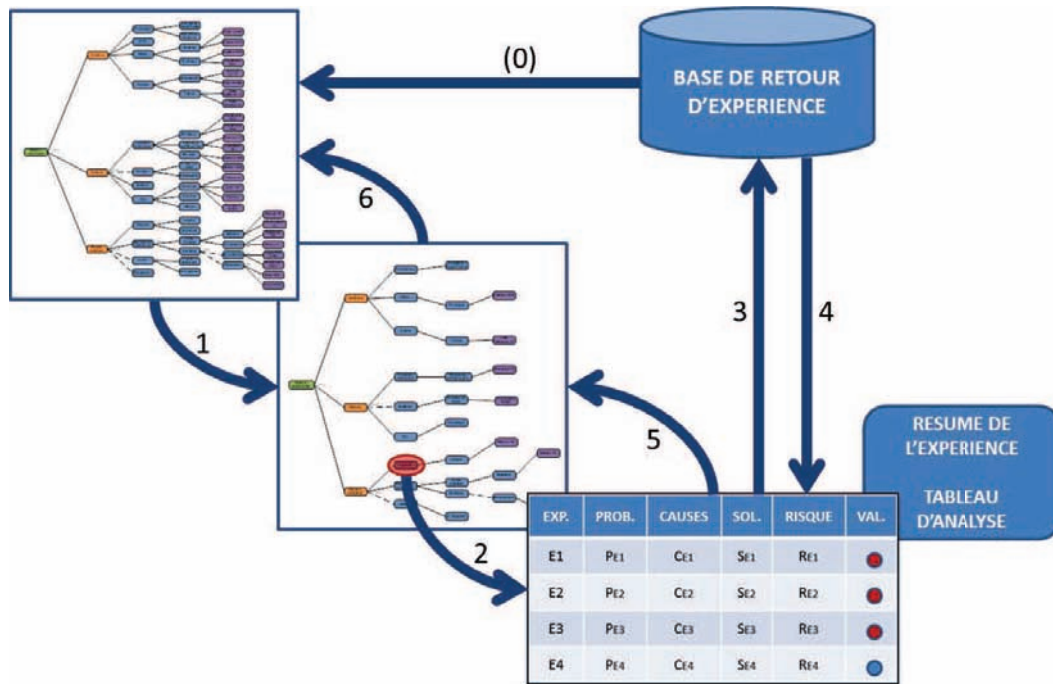


Figure 4. Architecture générale de l'outil BP\_IAT

À partir du tableau de bord dont nous donnons une illustration sur la Figure 5, l'utilisateur peut avoir accès à un résumé de l'expérience qui donne accès à une représentation du système, aux problèmes de l'expérience, à l'impact sur le coût, au délai et à la qualité.

Expérience	Problème	Causes	Solution capitalisée	Niveau de risque	Validation
	Détachement du carrelage en phase d'usage	Utilisation du composant « Faïence » qui a des mauvaises propriétés de collage	Changement de carrelage à Plancher	3.82	●
	Fracture du carrelage en phase d'usage	Utilisation du composant « Terre cuite » qui est très fragile	Remplacement du carrelage après 7 mois	2.57	●
	Fracture du carrelage en phase de mise en place	Le composant « Terre cuite » est très fragile	Précaution avec la mise en place du carrelage	1.35	●
	Décoloration du carrelage en phase de mise en place	Utilisation du composant « Faïence » qui est très susceptible à la lumière	Couverture de la section du chantier où il s'est fait cette opération	0.56	●

Figure 5. Illustration du tableau de bord pour un concept Porcelaine

De même, une icône rend accessible l'analyse complète d'une expérience, ce qui permet au concepteur de mieux appréhender l'expérience. Par exemple, il peut examiner la gravité d'un problème et sa possibilité d'occurrence par rapport aux autres solutions concurrentes.

Le concepteur décide ensuite de conserver ou non le concept choisi dans la conception initiale. Soit il le conserve et poursuit son étude sur les autres composants, soit il en choisit un autre et recommence l'évaluation de la même manière que précédemment. Nous jugeons très important que l'outil ait un caractère interactif pour que son utilisation soit facilitée. L'expert conçoit le système via l'outil qui reproduit sa démarche de conception tout en étant assisté par le retour d'expérience au travers des remontées d'informations relatives aux risques par rapport à des situations problématiques passées.

#### 4.1 Aspect interactif de l'outil proposé

Tel qu'indiqué auparavant, le sous-processus de PRAO est mené de façon itérative, ce qui permet de faire évoluer progressivement le modèle de départ jusqu'à l'obtention de l'offre à proposer au client. Durant tout le processus, l'expert prendra connaissance au fur et à mesure de tous les anciens problèmes susceptibles d'intéresser la nouvelle conception. Pour permettre cette remontée d'information interactive de la base d'expérience vers le concepteur à partir de l'outil BP\_IAT, nous avons identifié trois étapes représentées sur le schéma de la Figure 6. Ces trois étapes sont associées à des techniques que nous allons détailler.

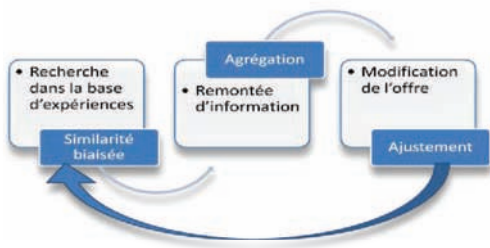


Figure 6. Remontée de l'information - Interactivité

Le principe d'utilisation est le suivant : lorsque la proposition de solution initiale est définie, il est possible d'observer les concepts ayant induit le plus de problèmes dans le passé. En sélectionnant un concept dans l'arbre représentant cette solution, une recherche locale par similarité biaisée par l'analyse (cf. §4.3.2) est lancée de façon transparente pour l'utilisateur et les résultats sont synthétisés dans le tableau de bord tel qu'illustré sur la Figure 5. Il est ensuite possible d'accéder à plusieurs vues complémentaires présentant un descriptif complet de l'expérience concernée. Ainsi, par itérations successives, on prend en compte l'information par exploitation des expériences passées et on fait évoluer progressivement le modèle en l'ajustant en fonction des problèmes décrits (si l'utilisateur souhaite en tenir compte).

Au final, l'expert obtient une offre qu'il peut soumettre. Il aura anticipé certains problèmes en les évitant ou en les acceptant en ayant pris connaissance de leurs conséquences possibles et 'éventuellement' des solutions ou des préconisations à mettre en œuvre. Notons que l'interactivité de l'outil permet une implication importante des experts sur les décisions à prendre (concepts à évaluer, analyses à prendre en compte, ...).

Nous allons aborder dans la section suivante le descriptif technique de l'outil BP\_IAT et nous détaillerons le mécanisme de recherche dans la base de retour d'expérience en présentant les algorithmes développés.

## 4.2 Composition de l'expérience

Contrairement aux approches d'ingénierie des connaissances dans lesquelles les formalismes de représentation sont des modèles classiques et souvent complexes (approches basées sur la logique, frames, réseaux sémantiques, objets, etc.), nous avons choisi d'utiliser une représentation de l'expérience simple et générique. Bien que simplifiée, notre approche est suffisamment structurée pour pouvoir réaliser informatiquement les exploitations futures des expériences ainsi représentées.

A partir de l'architecture définie, nous avons pour chacun des quatre axes de capitalisation des expériences, la capitalisation d'un contexte et des causes relatives à un problème identifié. L'expérience correspond à la description d'un cas auquel sont adjointes des analyses expertes ainsi que des solutions éventuelles. Dans notre proposition, les analyses sont en partie exprimées à partir du

contexte alors que les solutions éventuelles sont simplement décrites. Si l'on souhaite faire de l'adaptation de solution, il sera nécessaire de structurer davantage la modélisation des solutions.

Un cas correspond à la description de l'événement, (i.e. du problème) et des différents contextes. Pour que ce cas soit considéré comme une expérience, il faut lui ajouter les analyses qui sont des représentations des causes du problème.

Enfin, nous avons choisi d'utiliser une représentation arborescente particulière pour la représentation des produits en cours de développement. Cette représentation décrite dans la partie suivante est en quelque sorte le fil directeur de l'outil BP\_IAT à partir duquel seront exprimées les analyses.

### 4.2.1 Modélisation du Produit

La représentation que nous avons choisie est un modèle suffisamment générique et surtout adaptable pour représenter et faire évoluer la solution en construction. Un produit (ou système) sera représenté par un modèle de connaissance générique qui sera progressivement filtré par le concepteur pour proposer une solution à un nouvel appel d'offre. Cette étape de filtrage sera progressive et assistée par l'outil BP\_IAT grâce aux expériences passées, capitalisées à partir de cette même représentation, et des analyses exprimées selon ces définitions de produit.

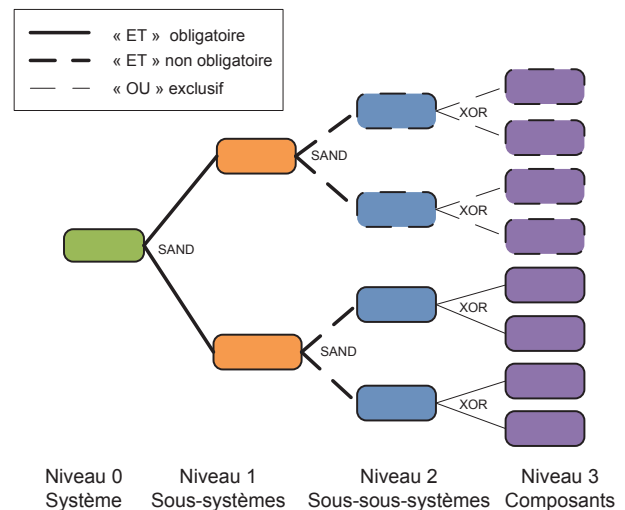


Figure 7. Représentation du système

Le modèle proposé est une représentation globale arborescente et évolutive qui comporte par défaut les différentes configurations réalisées par le passé. Il s'agit en quelques sortes du modèle générique de la connaissance de l'entreprise. La création de ce modèle est souvent délicate et dépend fortement du domaine. Par exemple, il sera plus simple à obtenir dans les approches type configuration (conception routinière avec choix des composants sur « étagère ») par opposition aux approches de conception créative (où il y a peu de réutilisation).



De plus, nous ne souhaitons pas borner le modèle et idéalement faire qu'il soit évolutif pour tenir compte des nouvelles conceptions.

Nous considérerons que le modèle générique existe et que celui-ci consiste en une représentation arborescente (cf. Figure 7) qui comporte principalement des liens de composition (système/sous-système) et des liens exprimant les différentes possibilités de choix (les différentes solutions potentielles) [ATLAS, 07].

La représentation choisie est une représentation hiérarchique du produit de type arbre où nous distinguons deux types de liens :

- des liens de composition (nommé SAND pour sélective AND) : ces liens permettent de créer des relations systèmes / sous-systèmes,
- des liens de spécialisation (nommé XOR qui sont des OU exclusifs) : ces liens permettent de représenter les différentes possibilités offertes aux concepteurs. Celles-ci peuvent être des entités abstraites (ex : une commande) ou des entités concrètes (ex : un composant particulier de la commande). Actuellement, un seul choix peut être fait.

Sur l'illustration donnée en Figure 7 du modèle hiérarchique proposé, les liens SAND sont représentés en trait gras tandis que les liens XOR sont en trait fin. De plus, certaines branches des liens SAND sont optionnelles et sont représentées en trait fort pointillé (le terme « sélective » des nœuds SAND fait référence à ce caractère optionnel).

Afin d'exploiter efficacement les analyses des expériences passées, nous avons mis en place un système d'annotation de ces analyses permettant une indexation par concept. Ce sont ces annotations qui orienteront ensuite la recherche des expériences similaires.

#### 4.2.2 Modélisation des analyses

Pour que les experts puissent exprimer une analyse qui soit exploitable informatiquement mais aussi cognitivement par les acteurs qui interpréteront l'information, nous avons choisi une représentation semi-structurée.

Ce choix laisse la possibilité aux experts d'exprimer leurs analyses sous forme textuelle garantissant ainsi une bonne expressivité au détriment d'une exploitation informatique aisée. Cette représentation libre est complétée par les annotations sémantiques à partir des concepts supports présents dans la représentation arborescente du produit. Ce système d'annotation, associé à une mesure définie par l'expert au moment de l'analyse, est à la base des algorithmes de recherche. Nous avons appelé cette mesure complémentaire « possibilité d'occurrence » (cf. §4.3.1).

Ces informations relatives à l'analyse sont ensuite capitalisées avec l'expérience. Il peut y avoir potentiellement plusieurs problèmes par expérience et donc plusieurs

analyses. Nous donnons ci-après, sous forme synthétisée, les informations qui composent l'expérience :

#### Les informations textuelles (non structurées)

- Problème associé : description du problème.
- Causes : description des causes après analyse de l'expert.
- Solution : description de la solution apportée.

#### Les informations structurées

- Système : lien vers la représentation structurée du système.
- Projet : lien vers les informations relatives au projet associé.
- Gravité : indice échelonné permettant de caractériser la gravité de l'événement. Cet indice peut être défini selon des grilles types en fonction des pertes liées à un problème. Cet indice sera ensuite exploité pour la mesure du risque.
- Composant source : sélection du composant ou sous-système source du problème à partir de la définition hiérarchique du système. Cela revient à annoter l'analyse en cours avec un concept présent dans l'arbre de conception.
- Possibilité d'occurrence : définition par l'expert d'une mesure qui détermine la « possibilité » que le problème se produise avec des composants différents. Cette mesure, détaillée dans le §4.3.1, est à la base de l'algorithme de recherche qui sera présenté dans le §4.3.2.

Toutes ces informations sont ensuite regroupées dans un tableau interactif tel que celui de la Figure 8 (les informations contenues dans ce tableau sont données seulement à titre illustratif).



Cas		Problèmes associés	Gravité	Causes	Solution	Possibilité d'occurrence par rapport aux alternatives			Composant source	
Système	Projet					Tc	Grds	Poss.		
		Fracture du carrelage en phase de mise en place	3.0	Le composant « Terre cuite » est très fragile	Précaution avec la mise en place du carrelage	1	0.26	0.45	Terre Cuite	
		Fuite d'eau avec le toit à 2 pans	2.5	Rupture du composant « Tuile Galléane »	Couverture de la fuite avec un composant synthétique	Gal. 10	0	0.39	Tuile Galléane 10	
		Détachement de la façade	3.2	Mise en place d'une « façade légère » peu résistante aux intempéries	Recouvrement de la façade en phase de garantie	F. Mg.	1	0.22	F. Maç.	Façade légère
		Décoloration de la peinture des divisions intérieures	2.9	Peinture de mauvaise qualité	Repeindre des divisions intérieures en phase de garantie	Pein.	1	0.16	0	Peinture

Figure 8. Tableau d'analyse

L'outil d'expression des analyses proposé est simple mais, selon nous, suffisamment expressif pour être utilisé dans la phase d'exploitation. Les parties structurées serviront à rechercher les expériences significatives dans la base et à déduire une mesure de risque. Les parties non structurées seront, elles, très utiles à l'expert qui exploitera l'information donnée par le système de retour d'expérience.

### 4.3 Mécanisme de recherche pour l'exploitation

Pour pouvoir réutiliser les expériences capitalisées, nous définissons un mécanisme permettant de fournir aux utilisateurs des informations pertinentes selon un contexte courant. Pour cela, nous avons défini un algorithme de recherche basé sur la notion de possibilité d'occurrence. Cette technique est inspirée des techniques de recherche par similarité [Bisson, 95] ainsi que des techniques d'annotations sémantiques courantes dans le cadre du web 2.0 ou web social [Halpin, 07].

#### 4.3.1 Principe de la possibilité d'occurrence

Chaque nœud XOR auquel est associée une mesure de possibilité d'occurrence représente un ensemble de composants ou de sous-systèmes potentiels. Calibrer cette mesure revient à évaluer les possibilités du problème étudié si un autre composant potentiel a été choisi. Au moment de l'analyse, il faut que l'expert exprime cette possibilité d'occurrence (définie comme un pourcentage ou une valeur comprise entre 0 et 1) pour chacune des possibilités du nœud et toujours par rapport au problème considéré. Cette fonction est définie et capitalisée pour chaque analyse par l'expert (un exemple est donné sur la Figure 9). Notons que pour faciliter le travail de saisie de l'expert, il est envisageable de proposer une mesure par défaut qui serait extraite d'une mesure de similarité générale globale (représentant, par exemple, une similarité structurelle).

Nous illustrons l'utilisation de la possibilité d'occurrence sur un exemple concernant la conception d'une surface carrelée où nous considérons un problème de casse de carrelage dû à l'utilisation du composant « Terre cuite ». Cette illustration, très appliquée, n'altère en rien la généralité de la méthode proposée. Durant, la phase d'analyse, l'expert doit déterminer la « Possibilité d'occurrence » de ce même problème avec les autres composants disponibles. Pour l'exemple, l'expert exprime clairement que : *i*) le problème est lié à l'utilisation de la « Terre cuite », *ii*) l'utilisation du « Grès 145 » aurait selon lui complètement éliminé le risque, *iii*) l'utilisation des autres composants possibles présentait un risque non nul mais moindre. Lorsque cette information a été capitalisée, elle est associée à l'expérience et l'ensemble est stocké dans la base après l'étape de « filtrage/généralisation ».

Terre cuite	Grès 145	Faïence	Porcelaine P780
1	0	0.25	0.5

Figure 9. Exemple Fonction de Possibilité d'Occurrence

Plus tard, lorsqu'un nouveau cas similaire se présente et que le MOE envisage de faire le sol en carrelage, il doit décider quel type de carrelage utiliser. Si l'on ne considère que l'exemple précédent, cela signifie qu'il a eu un problème de casse en utilisant le composant « terre cuite ». Dès lors, le concepteur peut soit réutiliser « terre

cuite » et tolérer un risque important, soit utiliser un autre composant en acceptant un moindre risque. Dans ce cas précis, considérant un contexte proche, il semble plus judicieux de choisir le composant « Grès 145 » puisque ce composant « élimine » le risque considéré.

Pour effectuer une recherche complète, il suffit de reproduire ce processus pour chaque concept considéré de la nouvelle conception et pour chaque expérience dont une analyse de problème est annotée par un composant issu du même concept parent. Chacune des itérations donnera une mesure de risque potentielle qu'il faudra ensuite restituer à l'utilisateur.

#### 4.3.2 Algorithme de recherche

Les recherches sont réalisées à partir d'un nouveau contexte, c'est à dire d'une nouvelle conception représentée sous forme d'arborescence avec des nœuds SAND et XOR. Le but consiste ici à identifier un ensemble d'expériences significatives dans le contexte d'étude et ainsi de faire un retour d'expérience en vue de prévenir les risques potentiels. Nous rappelons ici que chaque expérience est associée à un niveau de risque et c'est cette information modulée par le degré de possibilité d'occurrence qui permet d'obtenir une indication du risque « automatisée ». Pour un nouveau système (défini par un ensemble de nœud), il faut pour chaque nœud :

1. récupérer les risques associés,
2. agréger les risques pour chaque nœud,
3. restituer l'information.

L'étape (1) est la plus complexe. Elle consiste, pour chaque nœud définissant la solution en cours de construction, à retrouver l'information pertinente dans la base d'expérience. On récupère les risques directement associés à l'utilisation de certains nœuds mais aussi les risques adaptés par la possibilité d'occurrence. Cela implique que, lors de la recherche, il ne faut pas seulement retrouver les analyses annotées par un nœud donné mais aussi les analyses impliquant ce nœud (c'est à dire les analyses ayant une possibilité d'occurrence non nulle pour le nouveau nœud). Le niveau de risque relatif de chaque problème passé est ensuite calculé en faisant le produit entre les pertes passées occasionnées (exprimées en niveau de gravité) par la possibilité d'occurrence relative.

L'étape (2) consiste à agréger ces résultats en vue de la restitution. Il résulte de l'étape précédente un ensemble d'analyses classées par niveau de risque. Un indice de risque global pourrait être défini en prenant, par exemple, le maximum de ces indices de risques. Néanmoins, nous pensons que la restitution interactive est plus intéressante car elle permet d'avoir une vision plus précise que la simple restitution d'un indice de risque. Cet ensemble peut ensuite servir de base de réflexion pour affiner la réponse à appel d'offre mais aussi pour réaliser la conception générale du produit ou système.

A ce stade, il apparaît important de permettre, au cas par cas, une adaptation manuelle du résultat par le concep-

teur. En effet, après considération, certains cas peuvent ne pas être significatifs dans le nouveau contexte et doivent donc pouvoir être exclus de la restitution des résultats. Notons qu'il serait aussi possible de compléter une expérience passée si elle n'apparaît plus valide du fait d'une évolution importante (ex : un nouveau composant plus fiable réduit un risque).

L'étape (3) est l'étape de restitution des résultats dans l'outil BP\_IAT. Comme nous n'avons pas fait le choix de restituer un indice de risque, nous nous appuyons ici sur la structure arborescente (cf. Figure 7) pour classer les risques potentiels identifiés en fonction de chaque nœud. Nous disposons ainsi de listes partielles plus faciles à interpréter. Le premier travail consiste à donner accès à cette liste par action sur chacun des nœuds de l'arbre représentant la solution courante. Cette liste, ordonnée par niveau de risque, est ensuite accessible par l'intermédiaire du tableau de bord présenté précédemment (cf. la Figure 5).

Pour donner accès à cette liste mais aussi pour indiquer à l'utilisateur des informations d'ordre statistique, nous proposons, en première approche, d'utiliser des étiquettes interactives composées d'informations d'ordre statistique et de codes couleur significatifs pour donner un premier aperçu des résultats inférés par retour d'expérience au concepteur.

## 5 CONCLUSION

Nous avons défini les principes d'un outil d'analyse du cycle de vie du produit qui permet d'aider les concepteurs à faire les choix des concepts et/ou composants d'un système/produit en réponse à un appel d'offre, en considérant les risques potentiels. Cet outil s'appuie sur le retour d'expérience pour assister la conception d'un produit en prenant en compte les événements négatifs des expériences qui ont eu lieu dans le passé.

Une perspective importante est l'intégration plus approfondie de l'aspect projet dans la modélisation de l'expérience ainsi que d'autres aspects tels que la stratégie de l'entreprise et son environnement d'évolution, qui ont une influence sur le PRAO.

## REFERENCES

ATLAS, 2007. Aides et assistances pour la conception, la conduite et leur couplage par les connaissances. Projet ATLAS RNTL. LATTIS-INSA, LAAS, LGP, CGI, IMS, Sigma Plus, Anyware technologies et Pulsar Innovation.

Béler, C., 2008. *Modélisation générique d'un retour d'expérience cognitif, Application à la prévention des risques*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.

Benaben, A.L., 2009. *Méthodologie d'identification et d'évaluation de la sûreté de fonctionnement en phase de réponse à appel d'offre*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.

Bisson G., 1995. Why and how to define a similarity measure for object-based representation systems. 2<sup>nd</sup> international Conference on Building and Sharing Very Large-Scale Knowledge Bases, (KBKS), Enschede and Amsterdam (NL), pp. 236—246.

Botero, J.D., C. Béler, D. Noyes, et L. Geneste, 2011. Integration of experience feedback into the product lifecycle: An approach to answer to bidding processes. 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 2012). Bucharest, Romania.

Chalal, R. et A.R. Ghomari, 2006. An Approach for a Bidding Process Knowledge Capitalization. Proceedings of world academy of science, Engineering and technology. Volume 13, ISSN 1307-6884.

Chenouard, R., 2007. Résolution par satisfaction de contraintes appliqué à l'aide à la décision en conception architecturale. Thèse de doctorat, ENSAM Paris Tech, France.

Favre, J.L., G. Brugnot, J.M. Gresillon, et M. Jappiot, 1998. Evaluation des risques naturels, une approche probabiliste. Techniques de l'ingénieur, Risque et décision. Paris, France.

Goode, H. H. et R.E. Machol, 1957. System Engineering : An introduction to the design of large-scale systems. McGraw-Hill. New York.

Hadj-Hamou, K., 2002. Contribution à la conception de produits à forte diversité et de leur chaîne logistique : une approche par contraintes. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.

Halpin, H., V. Robu, et H. Shepherd, 2007. The complex dynamics of collaborative tagging. 16<sup>th</sup> International world Wide Web Conference. Banff, Alberta, Canada

Rakoto, H., J. Hermosillo, et M. Ruet, 2002. Integration of experience based decision support in industrial processes. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Volume 7, ISBN 0-7803-7437-1

Sallaou, M., J. Pailhes, et J.P. Nadeau, 2005. Formulation d'une base de connaissances pour l'aide en conception. 4<sup>eme</sup> Conférence Internationale en Conception et Production Intégrées (CPI 2005), Casablanca, Maroc, p. 9-11.