

« INSTRUMENTATION DU PROCESSUS DE REPONSE À APPEL D'OFFRE POUR LA PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT PRODUIT »

A.L. BÉNABEN * **

D. NOYES**, F. PÉRÈS**

* Continental Automotive France SAS

1, avenue Paul Ourliac, BP 83649

31036 Toulouse cedex 1

Anne-Lise.Benaben@continental-corporation.com

** LGP ENIT

47, avenue d'Azereix, BP 1629

65016 Tarbes cedex

noyes,pères@enit.fr

RÉSUMÉ : *Nous nous intéressons dans ce travail à la problématique d'identification et de gestion de la « dimension » sûreté de fonctionnement d'un produit à développer. Nos travaux sont positionnés en amont du développement et visent à améliorer le processus de réponse à un Appel d'Offre. Nous proposons une décomposition de ce processus en phases. Les développements concernent ensuite l'instrumentation de chaque phase afin d'intégrer la gestion de la sûreté de fonctionnement au plus tôt dans la vie du produit. L'article aborde la formulation du problème, la proposition de solution et la description des éléments constitutifs de celle-ci.*

MOTS-CLÉS : *processus de réponse à appel d'offre, sûreté de fonctionnement, cycle d'industrialisation, ingénierie des connaissances.*

1. INTRODUCTION

Nombreux sont les produits et équipements industriels qui requièrent des caractéristiques fortes de sûreté de fonctionnement. C'est le cas, par exemple, des systèmes mécatroniques embarqués dans les structures automobiles. Initialement dédiés aux fonctions de confort, leur non fonctionnement induisait seulement une gêne pour l'utilisateur ; utilisés aujourd'hui pour la sécurité du véhicule (freinage, traction, régulation de vitesse...), leur défaillance peut avoir des conséquences très graves pour l'utilisateur. Cette évolution a entraîné une plus grande criticité des caractéristiques sûreté de fonctionnement de ces systèmes (Medjoudj et al., 2004).

Cela a entraîné une prise de conscience sur l'importance de la sûreté de fonctionnement dans le développement des produits. De nombreuses méthodologies ont vu le jour, souvent impulsées par les constructeurs. Ces méthodologies sont engagées à partir du début du développement mais sont insuffisamment considérées lors des réponses aux appels d'offre alors que c'est dans ces phases que sont fixées les principales caractéristiques du produit pour en évaluer le prix.

Ce constat est d'autant plus dommageable que le client fait part de plus en plus tôt, souvent dès les premiers contacts avec l'industriel, d'exigences en termes de sûreté de fonctionnement. Jusque-là intéressés par les résultats, ils demandent en outre des garanties sur la démarche même qui permettra de les obtenir. Ces nouveaux besoins entraînent une mutation des relations client/fournisseur, notamment dans le processus de

réponse à appel d'offre (PRAO). Cette situation est d'autant plus complexe que le PRAO est contraint par un impératif de délai court. Le PRAO est engagé, en outre, dans un cadre incertain puisque le produit n'existe pas encore et que les informations dont on dispose sont parfois hypothétiques.

Nous nous intéressons dans ce travail à la problématique d'identification de la dimension sûreté de fonctionnement d'un produit au stade du cahier des charges primaire disponible lors de l'appel d'offre. Nous proposons une solution et décrivons les éléments constitutifs de celle-ci.

L'article est organisé en trois parties principales.

Nous présentons d'abord le problème abordé et proposons une formalisation générale de celui-ci.

Nous développons ensuite les particularités d'étude découlant principalement des formes d'organisation industrielle et d'une évolution des attentes du client potentiel qui requiert des « garanties » sur la démarche même, suivie par le prestataire.

Focalisant sur les étapes amont du cycle d'industrialisation, nous présentons enfin la solution que nous préconisons, centrée sur une instrumentation adaptée du processus de réponse à appel d'offre et exposons les éléments constitutifs de cette solution.

2. PROBLÉMATIQUE

Le cycle de vie du produit est généralement formé, à un haut niveau d'abstraction, de quatre étapes consécutives (figure 1a) :

- l'acquisition,
- la conception (du concept général au processus de production),
- la production (de la mise en production à la production de masse),
- le service après-vente (maintenance, rechange).

Impulsée par la réception d'un appel d'offre (AO) client, l'étape d'acquisition comprend les différentes phases constitutives du processus de réponse par l'entreprise prestataire à cet appel d'offre. L'étape suivante, dans le cas d'acceptation par le client, est celle de la conception du produit, constituée, elle aussi, de plusieurs phases. Cette étape conduit à celle de production, encore formée de plusieurs phases.

Même si des modèles généraux existent, l'organisation et le déroulement des étapes de conception, de production et, bien sûr, le service après vente sont généralement spécifiques à l'entreprise et au type de produit développé. Le processus de réponse à appel d'offre (PRAO) relève davantage de mécanismes génériques (figure 1b).

Le PRAO comporte les étapes :

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

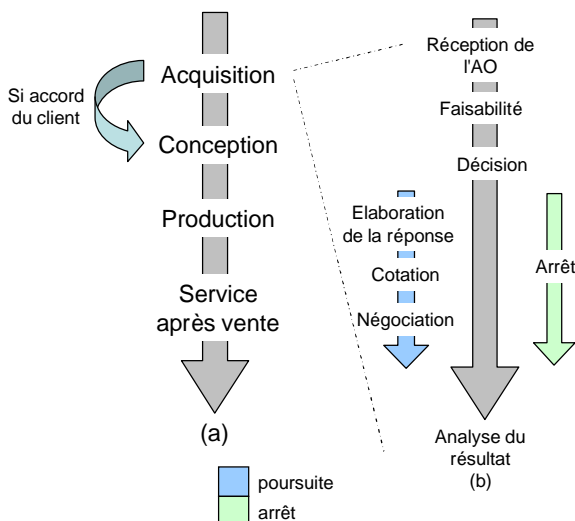


Figure 1 : (a) cycle de développement de produit, (b) modèle de PRAO

En fait, le PRAO correspond à anticiper le développement potentiel du produit, en élaborant le futur scénario de ce développement pour établir, par

corrélation aux règles financières et commerciales de l'entreprise, la proposition au client.

L'équipe d'acquisition est composée d'acteurs représentant les compétences nécessaires de l'entreprise : marketing, financier, management, qualité, production et technique (responsables, experts,...). Cette équipe diffère peu de l'équipe projet sur le plan des compétences ; c'est une équipe réduite, de composition variable en fonction du type de client (connu/nouveau), du type de produit, de l'enjeu de l'appel d'offre.

Par contre, la priorité dans ces phases du PRAO est davantage centrée sur les aspects commerciaux et financiers alors que, dans les phases de développement, ce sont les aspects techniques qui prédominent.

Le PRAO est un processus très rapide dans lequel on a peu d'informations et beaucoup de décisions à prendre. Dans la plupart des industries et, particulièrement, dans le milieu automobile, 80 % du coût du produit sont fixés par la réponse à la demande client.

Nous nous intéressons aux situations de développement de systèmes mécatroniques embarqués pour lesquels l'obligation de respect de caractéristiques de sûreté de fonctionnement est une des contraintes fortes des spécifications.

Dans ce contexte, le client potentiel exige souvent, avant de décider sur la suite qu'il donnera aux propositions du prestataire, de disposer de « garanties » particulières sur le respect des spécifications de sûreté de fonctionnement (respect des niveaux d'intégrité de sécurité (SIL) donnés pour les fonctions de sécurité du produit : *chaque niveau correspondant à une valeur de fiabilité de la fonction, ces niveaux étant définis dans la norme IEC61508 applicable aux systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité*). Il veut des informations sur la démarche de gestion de la sûreté de fonctionnement du produit (et non uniquement sur les caractéristiques finales). Il ne s'agit pas seulement pour le prestataire d'assurer le respect des objectifs sur le produit final mais il lui faut également démontrer par quelles dispositions (choix de méthodologie, usage d'outils,...) il atteindra ces résultats.

Le prestataire doit donc fournir les « preuves » suffisantes sur les performances FMDS (i.e. FMDS : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité) du produit, objet de l'étude, pour acquérir la confiance du client avant la signature du contrat tout en assurant la préservation de son savoir-faire.

Les travaux de recherche effectués sur le processus d'acquisition et considérant la sûreté de fonctionnement sont généralement focalisés sur les « risques projet » (Alquier et al., 2000 ; Bassetti, 2002 ; Bénaben et al., 2004 ; Scaravetti, 2004).

Ces risques portent sur les possibilités de dérive des objectifs de performances, de coûts et de délai liés essentiellement à l'occurrence d'aléas ou à l'organisation. Les travaux relatifs à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement sur le produit développé sont le plus

souvent centrés sur les étapes aval du processus d'acquisition. Les développements à ce niveau rejoignent, dans la plupart des situations, ceux de l'ingénierie classique de sûreté de fonctionnement (Kehren, 2005 ; Khalfaoui, 2003 ; Mortureux, 2001 ; Laprie, 1995).

Les caractéristiques FMDS sont rarement considérées de manière explicite dès l'étape d'acquisition hors du contexte précité. Il semble intéressant de leur réserver un examen particulier dans le PRAO pour des systèmes à forte criticité sûreté de fonctionnement. Peu de travaux de recherche, à notre connaissance, portent sur cet aspect.

Suite aux constats que nous avons faits sur cette problématique, traduisant un besoin réel des entreprises sans réponse réellement satisfaisante sur le plan méthodologique, nous avons choisi de traiter la prise en compte de la « dimension » sûreté de fonctionnement du produit dans le PRAO.

Nous étudions comment instrumenter le PRAO de manière performante pour : 1) effectuer une analyse rapide des spécificités FMDS du produit, dégagant les éventuels « points durs » associés, 2) projeter sur les étapes futures du cycle de développement l'ingénierie FMDS qui devra être engagée, prédefinisant le résultat sur le produit, 3) fournir au client la « juste » information sur cette démarche et le résultat qu'elle produira, assurant le niveau de confiance attendu pour l'acceptation du marché.

Nous développons dans le paragraphe suivant les spécificités du problème à partir desquelles nous élaborerons les éléments de la solution que nous préconisons.

3. LES SPÉCIFICITÉS DU PROBLÈME

3.1. Par rapport au type de produit considéré

Sans restriction aucune sur le caractère générique de l'étude, nous nous intéressons plus particulièrement dans celle-ci aux systèmes mécatroniques embarqués de l'industrie automobile. Ces systèmes sont composés majoritairement d'électronique, d'informatique et de mécanique. Nous résumons sur le schéma de la figure 2 les différents « métiers » intervenant dans le champ de la mécatronique.

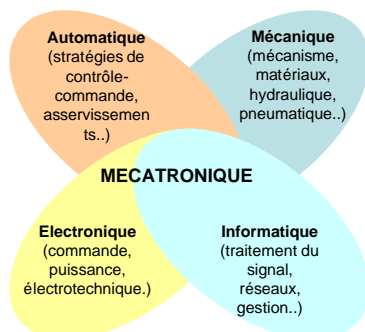


Figure 2 : Champs disciplinaires de la mécatronique

La pluridisciplinarité induite par le développement de ce type de produits constitue une caractéristique forte de la problématique car elle impose la gestion de méthodes et outils différents, fonction des disciplines engagées, afin d'atteindre un objectif final commun.

La combinaison de l'électronique et de l'informatique dans les produits concernés fait entrer ces produits dans la catégorie des systèmes électriques, électroniques et électroniques programmables (i.e. système de commande, de protection ou de surveillance basé sur un ou plusieurs dispositifs électroniques programmables). Ces systèmes E/E/EP englobent les éléments tels l'alimentation, les capteurs et autres dispositifs d'entrée, les actionneurs et autres dispositifs de sortie mais également les « autoroutes de données » et autres voies de communication [IEC 61508-4]).

Enfin, ces systèmes sont généralement utilisés pour la réalisation de fonctions de sécurité active et passive dans les véhicules et ont, de ce fait, une forte criticité FMDS qu'il est nécessaire de prendre en compte au plus tôt dans le projet.

Le développement de tels systèmes impose de se référer à la norme IEC61508 que nous évoquerons dans le paragraphe 3.4.

3.2. Par rapport au cycle de vie du produit

Le fonctionnement d'entreprise privilégie souvent une organisation matricielle de ses ressources, croisant équipes « métiers » et équipes « projets » (figure 3).

L'équipe projet, support de réalisation du cycle de développement du produit, réunit les compétences de métiers complémentaires et est donc pluridisciplinaire. La réalisation de systèmes mécatroniques embarqués impliquera, par exemple, mécaniciens, électroniciens et informaticiens, un (des) représentant(s) des services qualité, un représentant de la production (industrialisation), service après-vente et, bien sûr, un chef de projet.

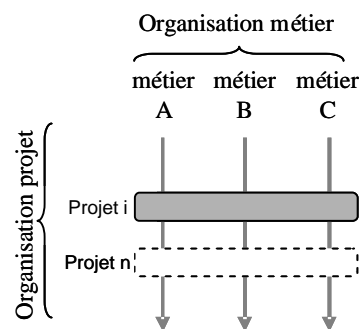


Figure 3 : Organisation Projet

L'expertise requise pour satisfaire, par exemple, une exigence FMDS du produit est répartie entre ces compétences complémentaires, chacune contribuant par son métier à l'atteinte des objectifs.

Par ailleurs, les contraintes industrielles ne permettent généralement pas d'avoir des équipes de projet fixe parce

que, d'une part, les acteurs projets participent à différents projets et, d'autre part, les besoins en ressources évoluent au cours du développement. Cela entraîne une variabilité continue des équipes projet.

Deux difficultés en résultent : 1) la complexité d'identification de la connaissance/compétence requise pour la réalisation des objectifs, compte tenu de la diversification des points de vue, 2) la complexité d'identification de la connaissance/compétence effective de l'équipe projet, compte tenu de la variabilité dans la composition de cette équipe.

Il est essentiel, dans ces conditions de pluridisciplinarité et de variabilité des équipes projets de mettre en place des modes d'identification/gestion de la connaissance/compétence FMDS de l'entreprise pour :

- caractériser finement la connaissance/compétence minimale qui garantit la réalisation de chaque niveau d'objectif,
- assurer l'acquis d'une compétence/connaissance effective pour chaque acteur, dans le respect de sa spécificité, afin d'assurer un résultat satisfaisant en toute situation.

Au sein des entreprises, notons enfin que la connaissance sûreté de fonctionnement n'est généralement pas formalisée. De plus, la discipline étant récente, lors de la cotation d'un nouveau produit ou d'une évolution, on n'a souvent pas assez de recul sur les produits précédents.

3.3. Par rapport au Processus de Réponse à Appel d'Offre

Le PRAO a plusieurs spécificités :

- la performance de l'entreprise impose une forte réactivité et le PRAO doit être généralement réalisé dans un temps très court,
- les décisions doivent être rapidement prises, s'appuyant sur les meilleurs compromis coût, qualité, délais,
- les informations et données sur lesquelles il est initialisé sont partielles (connaissance des grandes lignes du besoin), imprécises (besoin parfois sous-évalué ou surévalué) et incertaines ; de plus, elles sont souvent distribuées,
- l'élaboration de la réponse à l'AO impose d'anticiper sur les développements futurs et de caractériser le scénario de réalisation qui pourra être mené.

Ces spécificités forcent déjà certains traits de la solution à mettre en place :

- la nécessité d'une organisation efficace de l'information (données techniques, connaissance normative, connaissance des compétences,...) qui permette de trouver toutes les informations nécessaires rapidement.
- l'importance de s'appuyer sur l'expertise acquise, utilisant le retour d'expérience des cas passés.

3.4. Par rapport aux contraintes de sûreté de fonctionnement

Considérons les données disponibles dans les phases d'acquisition pour la gestion de la sûreté de fonctionnement.

Dès la lecture du cahier des charges, le cadre normatif du produit à développer peut être établi, permettant de poser les règles et limites de développement.

Pour les produits retenus pour illustrer ce travail (les systèmes mécatroniques), la seule norme existant à ce jour concernant la sûreté de fonctionnement est la norme IEC 61508 déjà citée.

Cette norme fixe les prescriptions de développement pour les systèmes électriques, électroniques et électroniques programmables de sécurité ; il s'agit de systèmes qui mettent en œuvre les fonctions de sécurité requises pour atteindre un état de sécurité de l'équipement commandé ou pour maintenir un tel état ou qui atteignent eux-mêmes le niveau d'intégrité de sécurité nécessaire à la mise en œuvre des fonctions de sécurité requises [IEC 61508-4].

Cette norme contient des exigences sur la façon de concevoir et de fabriquer un produit et propose des méthodes de gestion de la sûreté de fonctionnement, des méthodes de calcul pour les attributs de la sûreté de fonctionnement tels que le taux de défaillance.

Une difficulté de mise en œuvre dans l'industrie automobile réside dans le fait que cette norme n'est pas réellement adaptée à une industrie de « biens de consommations ». De plus, dans les équipements automobiles contrairement à la grande majorité des systèmes E/E/EP, il est très difficile de séparer distinctement les fonctions principales des fonctions de sécurité.

Malgré ces derniers constats, elle fixera le cadre normatif de nos développements.

Le cahier des charges contient les spécifications principales du produit. Les exigences « sûreté de fonctionnement » contenues dans les CdC clients sont de différentes natures :

- relatives au niveau d'intégrité de sécurité SIL (Safety Integrity Level) des fonctions,
- relatives aux caractéristiques sûreté de fonctionnement : taux de défaillance, fiabilité,..., ou incluses dans des exigences de qualité,
- relatives aux études à réaliser et aux résultats à fournir au client.

Ces informations permettront de fixer les caractéristiques du produit et d'établir les jalons obligatoires du projet. De plus, le CdC client peut donner des informations sur la façon dont le client appréhende la sûreté de fonctionnement.

Cependant, les données issues des CdC sont souvent hétérogènes et beaucoup de données relatives à la sûreté de fonctionnement restent implicites. Si un client émet, par exemple, une exigence du type « la fonction • du produit doit être de niveau SIL x », il faut alors

considérer les caractéristiques FMDS d'une fonction SIL x, les normes correspondantes et les méthodologies associées.

La dernière source d'informations provient des développements passés et les produits similaires déjà développés.

Pour être exploitables, ces données doivent être convenablement formalisées. Or, de nombreuses industries n'ont pas encore intégré les principes de capitalisation de l'expérience. Plusieurs raisons peuvent être avancées :

- la difficulté de mise au point d'un système de retour d'expérience pertinent par rapport au besoin et facile d'utilisation pour tous,
 - la difficulté de convaincre les acteurs projets de l'intérêt d'un tel outil car, en général, les actions de capitalisation d'expérience sous-tendent pour lui, une « délocalisation » latente et le risque qu'il ne puisse plus être utile à l'entreprise,
 - la difficulté de capitaliser l'expérience de façon à ce qu'elle puisse être réutilisée facilement par la suite, c'est-à-dire de trouver la meilleure source de capitalisation : par métier, par produit, par type de projet, par client,...
- Malgré les freins à la mise en place de tels systèmes dans les organisations industrielles, il sera intéressant de disposer d'un outil de retour d'expérience dédié à la sûreté de fonctionnement permettant de gérer la dynamique des situations rencontrées.

4. SOLUTION D'ORGANISATION DU PRAO

Nous développons dans ce paragraphe la solution que nous proposons pour assurer dès la phase d'acquisition une gestion efficace des caractéristiques FMDS du produit à partir d'un PRAO performant.

La performance du PRAO sera caractérisée par les résultats directement produits : réponse à l'AO, impact chez le client,..., mais aussi par la manière avec laquelle ces résultats ont été obtenus ; elle concernera principalement l'efficacité et l'efficacité du PRAO. L'efficacité correspond au fait que l'engagement du PRAO permet d'atteindre le résultat prévu. Les mesures quantifieront le rapport entre les résultats fournis et les objectifs assignés. Il s'agira, par exemple, de la concordance entre le scénario prévu dans le développement et celui réellement engagé, de celle entre la prévision des coûts de la sûreté de fonctionnement et les coûts réels,...

L'efficacité ajoute la notion de moindre effort ou de temps minimal requis pour atteindre ce résultat. Les mesures quantifieront le rapport entre les résultats fournis et les moyens engagés. Il pourra s'agir, par exemple, de l'adaptabilité de la réponse au client,...

Il est sûr que la performance du PRAO pourra être améliorée par une exploitation adaptée du retour d'expériences (tant les expériences positives que négatives). La réalisation de performance nécessite évidemment :

- de « comprendre » le cahier des charges : expertise technique engagée pour décrypter le CdC, les attentes du client et les besoins spécifiques,
- de prendre en compte la « logique client », ses méthodes de travail et ses méthodologies : expertise sociologique,
- de faire une offre « optimisée » : expertise commerciale.

4.1. Description de la solution

Les constats et les résultats résumés dans les paragraphes précédents nous ont orientés vers la proposition d'aménagements du PRAO, via l'introduction d'une démarche instrumentée. Cette instrumentation permettra le traitement optimal des caractéristiques FMDS du produit et donnera un PRAO performant.

La prise en compte de la dimensionnement sûreté de fonctionnement dans la réponse à un appel d'offre peut être décomposée en un certain nombre d'étapes regroupées dans un sous-processus unique que nous nommerons « IPRAO » pour « instrumentation du PRAO » dans la suite du document :

- Filtrage
- Traduction
- Projection
- Evaluation
- Restitution

L'instrumentation du PRAO engage donc (figure 4) :

- le filtrage des données du CdC afin d'extraire celles à partir desquelles sera conduite l'analyse de Sûreté de Fonctionnement à l'intérieur du PRAO,
- la traduction des exigences en termes de contraintes associées dans des termes standards pour l'entreprise,
- la projection sur les phases aval du processus de développement des actions à réaliser pour intégrer les spécifications FMDS précédemment établies,

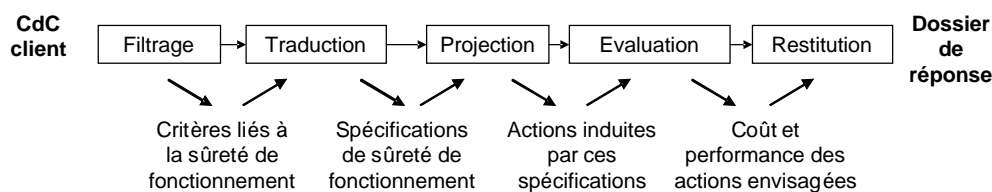


Figure 4 : Sous-processus d'intégration de la démarche Sûreté de Fonctionnement au sein du PRAO

- l'évaluation de la performance et du coût correspondant aux choix réalisés sur le produit mais aussi sur la démarche d'organisation spécifiquement mise en place,
- la restitution sous forme de synthèse de la cotation réalisée démontrant l'atteinte des objectifs techniques sur le plan de la sûreté de fonctionnement et présentant la dimension économique des solutions pressenties.

Les conditions d'une instrumentation efficace sont :

- un processus de développement connu et respecté dans l'ensemble des projets considérés,
- une connaissance de base suffisante des acteurs projets pour la gestion de la sûreté de fonctionnement : méthodes, process, état de l'art,
- une formalisation de la connaissance.

Le sous-processus est tout d'abord intégré au niveau de l'étape d'acquisition du cycle de vie du produit et, plus particulièrement, au niveau de l'étape de faisabilité du PRAO. Dans le cas d'une décision de poursuite du PRAO, il pourra être mis en place dans la phase d'élaboration de la réponse sous une forme plus détaillée. Enfin, ce sous-processus sera également engagé dans la phase de développement (conception conjointe du produit et du process) si le marché relatif à l'AO est acquis par le prestataire (cf. **Figure 5**).

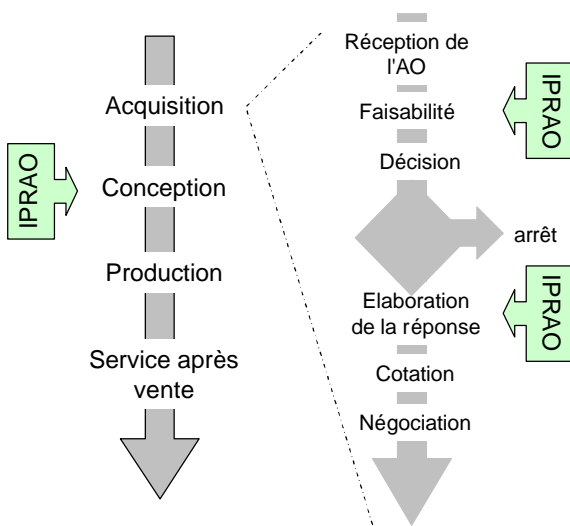


Figure 5 : imbrication des processus de développement, du PRAO et de la démarche FMDS

Nous allons maintenant décrire plus en détail chacune de ces fonctions.

Fonction Filtrage

La fonction Filtrage est destinée à identifier et mettre en exergue les points FMDS clés contenus dans l'Appel d'Offre (CdC, CCTP (Cahier des Clauses Techniques Particulières),...). Le filtrage engage différents mécanismes qui appliquent des transformations à l'espace d'entrée, produisant en sortie un ensemble contenant seulement les éléments d'entrée respectant

certains critères. Les éléments sélectionnés peuvent être transformés ou non.

L'objectif est double. Il s'agit :

- de mettre tout d'abord en évidence les données FMDS explicites du CdC client,
- d'extraire ensuite les données FMDS implicites du CdC clients afin de dégager les exigences masquées

Une difficulté du filtrage des données utiles réside dans l'hétérogénéité des CdC (en fonction du client, du type de produit). Cette hétérogénéité se manifeste à plusieurs niveaux :

- dans la présentation du document,
- dans le niveau de détail des spécifications,
- dans la façon d'exprimer le besoin,
- dans les niveaux d'exigence (certains clients expriment des exigences uniquement sur le produit, d'autres imposent une méthodologie FMDS, d'autre encore considèrent qu'il incombe au prestataire de proposer une solution complète de gestion FMDS).

Une deuxième difficulté concerne la constitution ou l'affinement de données de sûreté de fonctionnement par combinaison d'informations élémentaires du CdC non directement en prise avec la dimension FMDS.

Fonction Traduction

La fonction Traduction permet de définir les données d'entrée de la problématique à traiter en conduisant à l'établissement des données FMDS tirées du cahier des charges sous une forme exploitable par le prestataire. On considérera comme données d'entrée les informations de sûreté de fonctionnement exprimées dans des formats standards appropriés aux traitements analytiques devant être conduits. Cette notion de traduction sous-tend celles de décryptage des exigences implicites et de conversion des exigences en contraintes.

Comme nous l'avons déjà souligné, l'établissement de ces données peut s'avérer complexe dans la mesure où l'opération nécessite des regroupements d'informations diffuses dans le cahier des charges originel. Par exemple, l'établissement d'un taux de défaillance, point d'entrée classique d'une étude de sûreté de fonctionnement pour un composant peut être obtenue par confrontation entre la durée de vie spécifiée dans le cahier des charges et son profil d'emploi induisant un taux d'utilisation particulier.

Fonction Projection

La fonction Projection s'appuie sur les données converties du cahier des charges originel pour déterminer les dispositions nécessaires à leur prise en compte. Les spécifications de sûreté de fonctionnement sont ainsi analysées en vue de dimensionner les contraintes qu'elles induisent en aval au niveau :

- du produit : caractéristiques de certains composants, architecture du produit,...

- du process : études spécifiques à réaliser, méthode de développement à utiliser,...
- du projet : composition de groupes de travail, planification, affectation de ressources,...
- du métier : qualification particulière ou formation spécifique en vue d'obtenir le niveau de compétence requis pour l'exécution du travail.

Cette projection anticipe sur les actions à réaliser si le marché est conclu avec le client. A cette étape, il faut par conséquent avoir une bonne connaissance des processus de développement, des démarches de sûreté de fonctionnement et avoir un retour sur les développements passés.

Fonction Evaluation

La fonction Evaluation ou cotation correspond au dimensionnement économique des actions pressenties par la fonction Projection. Elle apporte une information technique supplémentaire pour la validation de la faisabilité du projet en caractérisant :

- le coût d'obtention de la solution satisfaisant les critères du cahier des charges originel,
- le délai nécessaire à sa réalisation,
- les performances envisagées pour le produit.

Les modes de calcul et les hypothèses retenues (en réponse à une absence d'information au niveau du cahier des charges) doivent, à ce niveau, être explicitement formulées afin de ne pas laisser place à une interprétation erronée de la personne en charge du dépouillement de la réponse à l'AO.

Fonction Restitution

La fonction Restitution permet d'établir sous forme synthétique :

- les solutions techniques retenues pour satisfaire aux critères du cahier des charges,
- les éléments issus du chiffrage.

L'ensemble des informations présentées complète les données techniques afin de permettre, d'abord, une prise de décision sur la faisabilité du projet puis, le cas

échéant, de compléter les autres informations contenues dans le dossier de réponse à l'AO.

4.2. Instrumentation du sous processus

La mise en œuvre des fonctions constitutives du sous processus que nous venons de décrire au paragraphe précédent nécessite une instrumentation particulière pour conduire aux résultats souhaités.

Nous décrivons dans ce paragraphe les éléments qu'il est nécessaire d'introduire et illustrons par un exemple l'application des principes présentés. Nous résumons sur le schéma de la figure 6 les différentes notions contenues dans ce paragraphe.

Sans anticiper sur les développements pratiques de l'instrumentation, nous présentons ici les pistes de solution envisagées.

4.2.1 Instrumentation « longitudinale »

Nous qualifions ainsi les méthodes spécifiques à chaque étape du sous-processus IPRAO.

Fonction Filtrage

Deux possibilités sont envisagées à ce niveau :

- la « traduction » du CdC client dans un format générique orienté FMDS (utilisation d'un langage pivot),
- la confrontation du CdC brut client à un modèle CdC type afin de dégager des similitudes et écarts entre les deux CdC les éléments FMDS significatifs.

Une solution mixte peut être envisagée pour un filtrage plus efficace.

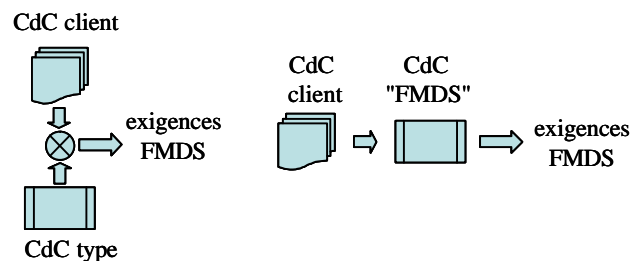


Figure 7 : Instrumentation de la Fonction Filtrage

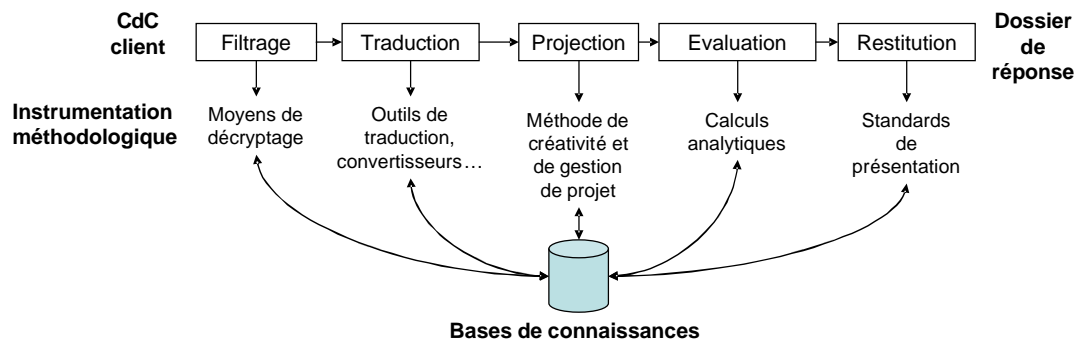


Figure 6 : Moyens d'appui pour l'instrumentation du PRAO

Dans les deux cas, on s'appuiera sur :

- les apports du « Retour d'expérience » (Cf §4.2.2) et l'actualisation continue associée,
- l'exploitation d'analyses de type Pareto (typologie et quantification 80/20 sur le type de client, les CdC, le type de produit, la description des produits, les exigences FMDS,...),
- l'apport des techniques du RàPC (Raisonnement à partir de cas (CBR)).

Durant l'étape de filtrage, des informations de trois types devront être récupérées :

- les exigences FMDS explicites tirées du cahier des charges,
- les exigences qui, dans le contexte d'étude, n'ont pas de valeur FMDS directe mais qui peuvent dans le produit global avoir un impact durant le développement,
- les exigences « enfouies » qui résultent de la composition de deux exigences de base (ou plus), n'ayant pas séparément de valeur FMDS mais dont la conjonction (ou couplage) induit une exigence sûreté de fonctionnement.

Exemple : l'AO concerne un système embarqué pour l'automobile. Dans le paragraphe relatif à la sécurité, il est spécifié que certaines fonctions devront être SIL3. La fonction Filtrage devra permettre d'identifier cette information en vue de l'extraire pour permettre son exploitation.

Fonction Traduction

L'instrumentation de cette fonction s'appuiera sur des mécanismes de traitement des spécifications FMDS complémentées par les données/contraintes FMDS propres à l'entreprise ou au métier (connaissances normatives, données issues du retour d'expérience,...). Des modes de conversion de l'information pourront être utilisés, notamment, pour exprimer les données dans un langage accessible aux acteurs du développement.

Exemple : la spécification SIL3 imposée dans le cahier des charges originel sera considérée au niveau des fonctions concernées et convertie en un taux de défaillance, une durée de vie, un MTBF,..., pour chacune d'elles.

Il peut s'agir aussi d'une adaptation du vocabulaire ou d'une conversion d'unités de mesure comme la transformation d'une exigence donnée en PPM (pièce par million) en une exigence exprimée en FIT (défaillance par heure) si c'est l'unité couramment utilisée par l'entreprise.

Fonction Projection

L'objectif ici est de déterminer l'impact d'une exigence sur le produit, le développement et l'organisation du projet.

La fonction projection fera appel à des règles d'expertise métier, utilisera des résultats d'analyses postérieures sur

des projets similaires et engagera parfois des techniques proches de celles utilisées en conception afin d'étudier des points particuliers sous forme de macroanalyse.

Des formes particulières d'organisation pourront être mises en place, des adaptations de solutions développées et une architecture globale du produit pressentie afin d'avoir une vision plus précise du produit à développer. Ces actions pourront être relayées par des techniques de créativité, de gestion de projet, de retour d'expérience. Cette fonction pourra aussi être associée à des méthodes de type propagation de contraintes.

En sortie de cette fonction, on connaîtra le domaine concerné par l'exigence traitée et sa valeur d'impact aux différents niveaux du projet. Cet impact peut correspondre à des études à réaliser durant le développement afin de répondre aux exigences clients et aux normes : AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) ou APR (Analyse Préliminaire des Risques)...

Exemple : le respect des spécifications de sûreté de fonctionnement imposées par le cahier des charges induira des contraintes à différents niveaux du projet.

Sur une fonction SIL3, la norme IEC61508 préconise la réalisation de différents types d'études afin de s'assurer de la fiabilité de cette dernière. Il faudra donc intégrer au développement ces différents types d'études : AMDEC, arbres de défaillances...

Fonction Evaluation

La fonction évaluation permettra, à partir de l'ensemble des contraintes et impacts des exigences extraites et traitées, une synthèse de l'impact de la sûreté de fonctionnement sur le projet. A partir de cette synthèse, on pourra coter le coût et la durée des développements rattachés à ce domaine (durée des études, nombre d'hommes/jour, date de livraison des études ou de fin programmée) ainsi que les meilleurs compromis (notion du moindre effort, de solution optimale).

La vérification de la correspondance entre les performances du système prévu et les prescriptions de cahier des charges passera par l'utilisation de méthodes classiques de Sûreté de Fonctionnement ou de gestion des risques.

La cotation économique du problème s'appuiera sur des méthodes analytiques éprouvées garantissant la rentabilité du projet.

Exemple : il est possible d'avoir une approximation du nombre d'heures nécessaires à la réalisation d'études de sûreté de fonctionnement. Si la vitesse de rédaction d'une AMDEC est évaluée à 10 lignes par heure pour un groupe de travail de 4 personnes connaissant le produit (1 ligne correspondant au traitement d'un item), il suffit alors de reprendre les études sur le même type de produit afin de pouvoir estimer le nombre d'hommes/jour nécessaires pour le projet considéré.

Fonction Restitution

L'instrumentation méthodologique à ce niveau est peu marquée. Une synthèse récapitulative sera conduite sous une forme éventuellement prédéterminée permettant de mettre en évidence les résultats principaux afin de les confronter aux données initiales du CdC originel.

Le résultat de l'étude sera restitué au responsable du processus de réponse à appel d'offre et il pourra extraire du dossier complet les informations qu'il souhaite divulguer au client. Le dossier complet restitué pourra être utilisé par les acteurs projets et pourra servir de bases aux développements sûreté de fonctionnement.

Exemple : ce dossier pourra contenir la liste de toutes les études relatives à la sûreté de fonctionnement avec leur chiffrage (nombre d'hommes/jour nécessaire donc par calcul simple de multiplication du nombre d'hommes par le prix d'une journée de travail on aura le coût de réalisation de ces études par exemple) permettant au responsable du processus de réponse à appel d'offre d'ajouter ces coûts au coût global du projet.

4.2.2 Instrumentation « transversale »

Les aménagements à ce niveau portent sur l'ensemble des étapes du sous-processus.

L'instrumentation transversale est à double effet.

Chaque étape nécessite l'engagement de connaissances ; un premier aménagement du sous-processus consistera tout d'abord à mettre en place un retour d'expérience REX transversal permettant d'exploiter dans le projet les informations relatives aux projets similaires conduits par le passé. Une difficulté réside ici dans la capacité à identifier les critères permettant de comparer les projets dans le but de proposer pour l'étude en cours les solutions ayant fait leur preuve par le passé. Chaque projet étant spécifique, la construction de la base de connaissances nécessaire à cette instrumentation sera complexe et devra posséder de multiples entrées.

A l'inverse, cette instrumentation transversale du sous processus devra permettre aussi de capitaliser les développements du projet en cours en vue d'enrichir la base de connaissances.

On trouvera à ce niveau les problèmes classiques : 1) de conception d'architecture d'un système d'information, 2) de frein créé par les acteurs pour renseigner une base de données (réticence à partager son savoir mais aussi sentiment de perte de temps lié à la réalisation de tâches jugées, dans une vision trop étroite, inutiles pour le projet et fortement consommatrices d'énergie).

5. CONCLUSION

A partir de la problématique de départ qui concerne la gestion au plus tôt dans les projets de la dimension sûreté de fonctionnement du produit, nous nous sommes intéressés aux particularités du problème afin de dégager les contraintes directes et induites ainsi que les besoins

réels relatifs à la prise en compte de cette caractéristique FMDS du produit dès les phases d'acquisition.

Focalisant sur les phases d'acquisition (en début du cycle de vie du produit), nous avons proposé une solution d'instrumentation du processus de réponse à appel d'offre.

La solution que nous préconisons comporte plusieurs étapes. Nous avons décrit celles-ci.

L'instrumentation nécessaire pour la mise en œuvre de cette solution s'appuie sur des outils et méthodes classiques en entreprise. Aucun élément n'est inédit ; c'est par leur organisation et, surtout, leur mode d'exploitation que ces éléments enrichissent l'efficacité du PRAO.

Les perspectives à court terme concernent d'abord un approfondissement de l'étape de « Filtrage ». Pour cette étape, il faut envisager plusieurs actions telles la caractérisation des documents disponibles lors de l'appel d'offre, l'analyse des documents règlementaires et normatifs du problème, l'extraction de connaissances à partir de documents, la formalisation des connaissances des acteurs projets

Nous visons aussi une instanciation pratique sur l'ensemble des étapes et, surtout une coordination avec les caractéristiques de la plateforme de retour d'expérience.

Enfin, à plus long terme, nous voulons étudier les formes d'utilisation de la méthodologie à d'autres niveaux du cycle de vie du produit.

REFERENCES

Alquier A.M., Cagno E., Caron F., Leopoulos V., Ridao M.A., 2000. *Analysis of external risks in project early phase*. Proceeding of the Project Management Institute Research Conference 2000, Paris, France.

Bassetti A-L., 2002. *Gestion du changement, gestion de projet : convergence-divergence. Cas des risques en conception et mise en place d'une organisation de management de l'environnement*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers : centre de Paris, France.

Bénaben F., Gourc D., Villarreal C., Ravalison B., Pingaud H., 2004. *RIR - Recensement et Identification des Risques : une démarche d'identification des risques en conduite de projet*. Congrès francophone du management de projet 2004 « Projets, Entreprise, Intégration », Paris, France.

Kehren C., 2005. *Motifs formels d'architectures de systèmes pour la sûreté de fonctionnement*. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace de Toulouse, France.

- Khalifaoui S., 2003. *Méthodes de recherche des scénarios redoutés pour l'évaluation de la sûreté de fonctionnement des systèmes mécatroniques du monde automobile*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.
- Laprie J-C., 1995. *Guide de la sûreté de fonctionnement*. Cépadués.
- Medjoudj M., Khalifaoui S., Demmou H., Valette R., 2004. *Un algorithme pour l'extraction des scénarios critiques dans les systèmes hybrides*. Actes des journées Formalisation des activités concurrentes 2004 (FAC'04), Toulouse, France.
- Mortureux Y., 2001. *La sûreté de fonctionnement : démarche pour maîtriser les risques*. Techniques de l'ingénieur.
- Scaravetti D., 2004. *Formalisation préalable d'un problème de conception pour l'aide à la décision en conception préliminaire*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers : centre de Bordeaux, France.