

## *La gestion des exigences, l'architecture système et le suivi de projet*

### **Pourquoi gérer des exigences ?**

#### **Qu'est-ce que l'Ingénierie d'Exigences, l'Architecture Système et le Suivi de Projet ?**

*Requis par les processus CMMI niveau 2*

*La norme NF X50-151-153 appliquée aux exigences ?*

Plus précisément

- *Quel est le but ?*
- *Qu'est-ce qu'une exigence ?*
- *Qui les utilise ?*
- *Pourquoi maîtriser les exigences ?*
- *D'où viennent-elles ?*
- *L'Ingénierie d'Exigences, c'est quoi ?*
- *Spécificités pour l'ingénierie des systèmes*
- *Comment suivre un projet ?*
- *L'architecture système, pour quoi faire ?*
- *Les exigences de sûreté et de sécurité...*
- *Les difficultés de mise en œuvre*
- *Comment choisir un outil ?*

*Ce document explique ce qu'est l'ingénierie d'exigences, ses principes et ses techniques. Il s'adresse aux responsables projets, aux ingénieurs qualité, risques, sûreté-sécurité et aux architectes d'entreprises, dans tous les domaines : industrie, services, médicale, organisation, science, éducation... En 30 pages, la gestion des exigences, l'architecture système et le suivi de projet n'auront plus de secret !*

#### **CASE France**

2, allée de Londres  
91969 Courtabœuf Cedex - France  
Tél. 01 69 86 95 46  
Fax. 01 69 07 03 43  
[www.case-france.com](http://www.case-france.com)

**Nouvelle édition 2017**

## Généralités

---

### 1 INTRODUCTION

Ce document traite des exigences et des techniques associées à leur gestion avec une approche théorique, générale et multi domaines. Comme nous le verrons, les applications sont nombreuses et étendues à un grand nombre de secteurs de l'industrie et de la société en générale. Pour être efficace et concret, nous étudierons en détails leurs utilisations dans l'ingénierie des systèmes (inclus le génie logiciel) ainsi que le secteur de la sûreté et de la sécurité. Nous nous contenterons de mentionner les autres domaines potentiels, qui ne font que reprendre, en les adaptant, les concepts généraux.

La gestion des exigences fait l'actualité dans de nombreux secteurs industriels, économiques et politiques. Autant dire tout de suite que son utilisation couvre un champ d'applications très vaste, peut-être même encore plus étendu que celui de l'« Analyse fonctionnelle ». Ceci s'explique par le fait qu'une exigence est un concept plus générique qu'une fonction. D'ailleurs, un lien étroit relie ces deux mondes et c'est ce que nous mettrons en perspective tout au long de cette étude.

Selon *le Journal du Net*,

**« Composant essentiel des démarches qualité et d'amélioration des coûts, la gestion des exigences capte les besoins des utilisateurs en amont de tout projet, facilitant de fait les phases de modélisation [ndlr : de conception] et de test. » (27/06/2005)**

---

En réalité, le concept d'exigence est suffisamment générique pour être employé dans virtuellement tous les domaines de la création humaine. Il est naturel dans ce cas, que se développe un marché spécifique avec l'arrivée d'acteurs qui offrent des solutions techniques et méthodologiques à ce nouveau challenge.

### 2 DEFINITION

#### 2.1 Exigence

**« Ce qui est commandé par qqch, nécessité, obligation. »**  
**« Ce qu'une personne exige, réclame à une autre. »**

*Source Le Petit Larousse 1996*

Mathématiquement  
**Exigence = Fonction**

Le terme « exigence » est considéré plus générique que le terme « fonction ». C'est-à-dire qu'une exigence peu avoir les mêmes attributs qu'une fonction et la même façon de les définir et de les caractériser (spécifier). Seul le contexte d'utilisation est différent. D'ailleurs la norme NF X50-151-153 s'applique aux deux sans distinction.

Dans l'industrie, il est courant de parler à propos du même concept, de fonction quand on est en phase d'analyse fonctionnelle, cela semble logique et d'exigence dans la phase de conception. Ceci a l'énorme avantage de conserver le lien de traçabilité sur tout le cycle de vie du projet. Nous y reviendrons en détails plus loin dans ce cahier.

## 2.2 Gestion des exigences

Source Wikipédia

**« La gestion des exigences consiste à gérer les exigences hiérarchisées d'un projet, à détecter les incohérences entre elles et à assurer leur traçabilité. »**

Dans de nombreux métiers l'expression de ces exigences donne lieu à une quantité importante de documents dont la cohérence et la qualité conditionnent le succès ou l'échec des projets concernés.

## 3 SECTEURS D'ACTIVITES CONCERNES

Parmi les secteurs d'activités les plus friands de ce type de solutions, on trouve bien entendu les industries aux produits les plus complexes et dont l'élaboration peut prendre entre 10 et 15 ans, comme **l'aéronautique** ou **l'armement**.

**Le secteur des télécoms** est également consommateur de ces solutions, car il bouge très vite. Si une entreprise peut faire passer le temps de mise sur le marché d'un produit de 6 à 3 mois, elle est preneuse ! Du côté des **banques**, même intérêt, du fait des directives européennes (Bâle) et des normes IAS notamment.

Le secteur de **L'énergie nucléaire** est actuellement très actif et demandeur pour la gestion des exigences de sûreté et de sécurité des centrales.

Cependant, la façon d'appréhender les exigences et leur gestion est différente selon le domaine d'utilisation et du rôle de l'utilisateur dans ce domaine.

En fait, ce qui fait essentiellement la différence, concerne la genèse des exigences, leur source, leur origine, d'où elles sont issues et leurs finalités.

### 3.1 L'Ingénierie des Systèmes (IS)

Ce secteur est historiquement le premier à s'intéresser à la gestion des exigences. Il inclut bien évidemment l'ingénierie logicielle, qui est comme souvent, le principal moteur méthodologique de l'ingénierie. Ici, il s'agit de concevoir des produits, systèmes ou services conformes aux besoins des utilisateurs, dans les temps et dans les budgets.

En IS, l'origine des exigences provient idéalement d'une activité amont : l'Analyse Fonctionnelle (AF), qui produit le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF), support originel des exigences, en théorie du moins. L'AF, étant elle-même dérivée de l'expression formelle du besoin.

Pour plus de précisions, lire le cahier technique CASE France : « **L'analyse fonctionnelle pour les débutants** ».

Dans l'industrie on parle d'ingénierie des exigences. C'est un élément du processus d'ingénierie qui est composé d'activités liées aux exigences, durant tout le cycle de vie du projet. Différents types d'exigences sont couramment utilisés : les exigences de besoin, les exigences fonctionnelles (fonctions de service) et les exigences non fonctionnelles (fonctions de contrainte) des systèmes, produits ou services étudiés. Nous traiterons ce domaine plus en détail, dans un chapitre approprié.

## 3.2 La sûreté et la sécurité

L'autre grand secteur en termes de quantité d'exigences, concerne la sécurité et la sûreté. Principalement celle des installations de génie civil et des sites industriels qui représentent les plus gros dangers. Sans être exhaustif, d'autres secteurs sont également concernés comme la santé publique (les organismes), les laboratoires pharmaceutiques, l'agroalimentaire, l'écologie, l'éducation etc. Ces exigences ont généralement comme origine, une analyse des risques. Le but est de diminuer la gravité et la fréquence d'arrivée d'événements redoutés (non souhaités ENS), dangereux pour l'être humain, coûteux ou dégradant pour l'environnement.

## 3.3 Autres secteurs concernés

Comme on l'a déjà écrit, la gestion d'exigences est suffisamment générique pour être employée partout où il est nécessaire de spécifier une action, de suivre sa mise en œuvre, son statut et son évolution.

Quelques exemples :

- Le suivi des exigences stratégiques d'une entreprise est très en vogue actuellement avec la gouvernance et l'architecture d'entreprise. Lire le cahier technique de CASE France : « **L'architecture d'entreprise intégrée** » ;
- La gestion des actions de maintenance sur un site industriel ou sur une base militaire sont aussi des cas d'utilisation de la gestion d'exigences ;
- Les actions sanitaires dans un établissement de santé public sont traitées également comme des exigences ;
- Les gouvernements produisent des feuilles de route qui sont aussi composées d'exigences et qui heureusement pour les contribuables, nécessite un suivi...
- Dans tous processus d'achat, d'acquisition et de fourniture.

Cette liste n'est pas exhaustive, beaucoup de domaines peuvent être concernés, mais on n'y pense pas toujours...

## 4 LE MARCHE DE LA GESTION DES EXIGENCES

### 4.1 Justification de la gestion des exigences

Chiffres 2009 de source *Gartner*<sup>®</sup>

- En 2009 les approches automatisées de gestion des exigences ont permis de réduire le « coût-qualité » des développements applicatifs (informatiques) de 30% (avec une probabilité de 0,8).
- En 2009, le niveau de satisfaction des utilisateurs de systèmes moyens ou grands développés avec des processus de gestion des exigences suffisamment automatisés est passé de « Correct » à « Bon » ou l'équivalent probabilité de 0,8.
- En 2009, les coûts des phases de maintenance et d'extension des systèmes moyens à grands développés avec des processus de gestion des exigences suffisamment automatisés ont baissé de 10% (probabilité 0,8)
- Depuis 2008, le marché des outils d'automatisation de la gestion des exigences (licences, services et maintenance) a dépassé les 400 millions de dollars par ans (probabilité 0,6)

### 4.2 Etudes sur les coûts et la réussite des projets

Lors d'une récente enquête *IBM*<sup>®</sup>

- Les entreprises interrogées sur la gestion des exigences, ont dit subir un coût atteignant parfois jusqu'à 60% en termes de temps et de budget lorsqu'elles utilisaient des pratiques médiocres de gestion des exigences (ndlr : on sous-entend ici l'utilisation de Word<sup>®</sup> et Excel<sup>®</sup>) ;
- Les entreprises dont les outils d'analyse métier étaient insuffisants enregistraient trois fois plus d'échecs de leurs projets que de réussites ;
- Lorsque les exigences sont correctement définies et gérées, elles permettent de réduire de près de 20% les dépassements de projets, grâce à une réduction du nombre d'exigences inexactes, incomplètes ou oubliées.

Selon *MAP*<sup>®</sup>,

- 2/3 du coût final d'un système est déterminé au moment de la formalisation des exigences ;
- Un défaut détecté dès la spécification coûte 40 fois moins cher à corriger que s'il est détecté en phase de qualification ;
- La gestion des exigences est à l'origine de 40% des facteurs de réussite d'un projet ;
- Une mauvaise ou une absence de gestion des exigences est à l'origine de 48% des facteurs d'échec d'un projet.

## 5 LA GESTION DES EXIGENCES VUE PAR LE CMMI (Capability Maturity Model Integration)

Le **CMMI** est un modèle de référence du processus d'ingénierie qui a un succès mondial certain, chez les concepteurs de gros et moyen projets. C'est un ensemble structuré de bonnes pratiques destiné à appréhender, évaluer et améliorer les activités des entreprises d'ingénierie.

*Pour atteindre le niveau 2 CMMI, la gestion des exigences est obligatoire.*

Le CMMI décrit les activités liées à la gestion des exigences d'un projet

- Obtenir une compréhension des exigences,
- Définir un ensemble d'exigences cohérent par rapport au produit,
- Définir des critères pour l'analyse et l'acceptation des exigences (testabilité, faisabilité ...),
- Obtenir des engagements sur les exigences,
- Inspecter et approuver chaque document d'exigences,
- Gérer les changements sur les exigences,
- Maintenir un historique des changements,
- Evaluer l'impact d'une demande de changement,
- Maintenir une traçabilité bidirectionnelle,
- Garder le lien entre une exigence de bas niveau et une exigence de haut niveau,
- Tracer les exigences tout au long du projet (design, test ...),
- Identifier les incohérences entre le projet et les exigences,
- Identifier les incohérences dans les plannings, les plans de tests ...
- Mettre en place des actions correctives.

Le CMMI est un accélérateur puissant pour le développement du marché de l'ingénierie d'exigences. C'est une source d'inspiration et une référence pour les PME.

## 6 POURQUOI MAITRISER LES EXIGENCES ?

### 6.1 Qu'apporte la gestion d'exigences ?

En ingénierie, la gestion des exigences et de leurs évolutions sur tout le cycle de vie d'un projet matériel, logiciel ou mixte, permet de livrer des produits et des solutions conformes aux attentes des utilisateurs, dans les délais impartis et supprime de nombreux problèmes de communication : Exigences floues ou ambiguës, cahier des charges inexploitable, manque de visibilité, changements non contrôlés, statut du projet inconnu et analyse d'impact impossible à mener.

Les exigences sont la base de l'entente client-fournisseur car elles forment un contexte contractuel avec un langage commun. De ce fait, l'ingénierie des exigences est une activité très importante du processus de fourniture et d'acquisition.

D'autre part, elles contribuent fortement à la qualité des produits. L'obtention de la qualité étant un processus itératif, les exigences sont donc sujettes à une forte évolution.

En résumé elles permettent de :

- **Contribuer** à augmenter la qualité,
- **Mesurer** précisément la conformité du système ou du logiciel par rapport aux besoins et aux contraintes,
- **Connaître** précisément le statut du projet,
- **Définir et gérer** les tests associés, sur toutes les phases,
- **Evaluer et gérer** les risques,
- **Réduire** le nombre d'insatisfactions liées au système ou au logiciel,
- **Limiter** l'interprétation, l'improvisation et la subjectivité sans pour autant mettre en cause la créativité,
- **Donner une base commune** de négociation, de développement, de tests et d'acceptation du système ou du logiciel,
- **Faciliter** les échanges entre les différentes parties prenantes (clients, fournisseurs, ...),
- **Organiser le développement** et maîtriser les coûts et les délais (notamment les tests lors des phases d'intégration de validation et de qualification),
- **Suivre** l'évolution des changements,
- **Faciliter** la maintenance, maîtriser la pérennité (sécuriser, réduire l'effort).
- **Atteindre** le niveau 2 CMMI,

## 6.2 Interprétation des exigences

Une exigence naît généralement d'une nécessité, d'une insatisfaction ou du désir d'un utilisateur : les besoins correspondants peuvent être perçus de différentes manières et être exprimés sous différentes formes en fonction des acteurs qui les véhiculent, des contextes dans lesquels ils sont utilisés ou analysés, de la prise de conscience progressive des concepts qu'ils supportent et de leur faisabilité.

**Il est donc indispensable que l'expression des exigences ne puisse pas être interprétée différemment selon les acteurs.**

C'est le rôle de la norme NF X50-151-153 qui décrit la façon de définir qualitativement et de caractériser quantitativement une exigence.

## Les exigences et l'ingénierie

---

### 7 LA GESTION DES EXIGENCES DANS L'INGENIERIE DES SYSTEMES

Historiquement c'est le premier secteur consommateur de gestion des exigences. Ici, on utilise souvent le terme « Ingénierie d'Exigences » (IE).

#### 7.1 Ce qu'est une exigence pour l'ingénierie

En ingénierie et plus particulièrement dans les procédures d'appel d'offres publiques et privées, les exigences sont l'expression d'un besoin documenté sur ce qu'un produit ou un service particulier devrait être ou faire. Elles sont le plus souvent utilisées dans un sens formel dans l'ingénierie des systèmes et dans l'ingénierie logicielle. Idéalement, elles sont le produit d'une analyse fonctionnelle.

Dans l'approche classique de l'ingénierie, les exigences sont considérées comme des prérequis pour les étapes de développement d'un produit.

La phase de développement et de gestion des exigences peut avoir été précédée par une étude de faisabilité, et/ou mieux, une phase d'expression du besoin et d'analyse fonctionnelle et conceptuelle du projet.

L'activité de gestion des exigences peut être décomposée en actions :

- **Capter** : obtenir les exigences en provenance du passeur d'ordre, sous une forme utile ;
- **Mettre à jour** : rassembler la dernière version des exigences des parties prenantes;
- **Organiser** : classer les exigences avec une méthode appropriée au contexte: Par domaines, par approche systémique, par métiers, par technologies, par documents etc.
- **Analyser** : vérifier la cohérence, l'exhaustivité et la non redondance, la complexité, le volume, les risques de développement etc.
- **Définir** : décrire les exigences sous une forme standard, rationnelle et aisément compréhensible par les utilisateurs et les développeurs, normalisée de préférence ;
- **Spécifier** : créer une interaction initiale entre les exigences et la conception (souvent synonyme de caractérisation);
- **Tester** : Appliquer un plan de tests par phase avec des feuilles de tests, des actions, des résultats de tests ;
- **Valider** : la traçabilité de couverture des changements et la définition des tests ;
- **Gérer** : les demandes de modifications ;
- **Approuver** : les changements, la complétude, les résultats de tests, les livrables etc.
- « **Historiser** » : pour suivre l'évolution des changements ;
- **Archiver** : en fin de projet.



## 7.2 Les rôles des acteurs

Dans l'industrie, il est d'usage de considérer les acteurs d'un projet selon qu'ils en sont les principaux bénéficiaires ou les concepteurs. Ce qui correspond respectivement aux termes de « maîtrise d'ouvrage » MOA et de « maîtrise d'œuvre » MOE.

Ces rôles sont les mêmes, qu'il s'agisse de sociétés différentes (passeurs d'ordres avec sous-traitants) ou de services différents à l'intérieur d'un même organisme. Cependant, la perception des exigences est très différente en fonction du rôle et de la position relative de l'utilisateur par rapport au projet:

- La MOA verra les exigences comme les fonctions de son cahier des charges fonctionnel
- La MOE verra les fonctions du cahier des charges comme des exigences contractuelles à réaliser

Dans le cas de la MOA les exigences correspondent aux fonctions produites par l'expression du besoin et l'analyse fonctionnelle.

Pour la MOE, il y a deux cas :

- La MOE peut poursuivre l'analyse fonctionnelle externe de la MOA par une analyse fonctionnelle interne du produit et recenser les fonctions techniques de ses solutions. Le cahier des charges de la MOA avec l'analyse fonctionnelle interne de la MOE forme l'ensemble des exigences du projet à réaliser : La STB.
- La MOE ne fait que suivre les fonctions du cahier des charges détaillé en STB (qui inclut déjà l'analyse fonctionnelle interne), elle dérive alors les exigences client avec des exigences techniques (conception - solutions). L'ensemble constitue la liste des exigences à réaliser et à gérer. C'est de la gestion d'exigences pure.

En résumé, soit on voit les exigences comme le produit d'une analyse fonctionnelle, soit comme une liste d'exigences fournie par la MOA, qu'il faut réaliser, gérer et éventuellement compléter avec ses propres exigences techniques, de conception, de qualité, de sécurité, de normes etc.

## 7.3 Analyse fonctionnelle versus gestion d'exigences

Historiquement et curieusement les concepts de fonctions et d'exigences ont évolué parallèlement dans l'industrie. Certaines personnes faisant de l'AF et d'autres de la gestion d'exigences, sans obligatoirement faire un lien direct entre les deux.

Quand on fait de l'analyse fonctionnelle, il semble évident d'appeler les éléments de cette activité : des « fonctions » et non pas des « exigences ». C'est cette ambiguïté sur le nom qui a favorisé (entre autres) la sectorisation des marchés.

Aujourd'hui on voit des marchés distincts, avec des éditeurs de solutions d'analyse fonctionnelle et d'autres éditeurs de solutions de gestion d'exigences. Rares, sont ceux qui associent les deux concepts. Cependant, il en existe au moins un...

Les plus grands fournisseurs de logiciels de gestion des exigences, par exemple DOORS® pour n'en citer qu'un, n'ont toujours pas fait le lien avec l'AF. Ainsi il est quasiment impossible de conserver

efficacement la traçabilité des changements entre MOA et MOE, car il n'y a pas de lien dynamique entre les outils d'analyse fonctionnelle et les outils de gestion des exigences proposés. Pourtant les liens de dépendance sont au plus forts, l'un étant le produit de l'autre. Ceci est une lacune importante, car le plus gros intérêt de la gestion d'exigence est justement ses possibilités de traçabilité amont et aval et donc avec l'expression du besoin.

Les liens, parce qu'il en faut bien, sont alors archaïques et passent par des procédures unidirectionnelles d'importation de texte depuis Word® ou Excel®, que l'on appelle « capture » ou « import ». Bien que nous saisissons l'intérêt ponctuel d'utiliser des outils de bureautiques, il est facile de comprendre les avantages d'un référentiel centralisé et d'un outil commun (IHM) aux deux. Curieux marché que celui de la gestion des exigences !

## 7.4 Sources des exigences

- Nous l'avons déjà écrit, l'analyse fonctionnelle (AF) est la source naturelle des exigences, elle en est la genèse. Elle permet l'exhaustivité et la justification des exigences par rapport au besoin exprimé, sur tout le cycle de vie du projet et avec tous les acteurs. Les exigences ne tombent pas du ciel... Elles sont le produit de l'AF formelle ou non et sont livrées avec le CDCF et ou la STB, ou de façon dynamique avec le référentiel, lorsque les outils d'AF et de gestion des exigences sont intégrés,
- La méthode la plus courante se fait avec une liste d'exigences, livrée le plus souvent dans des fichiers Word®, Excel® ou PDF®, selon des formats libres et aussi divers que variés. Ces fichiers sont ensuite importés d'une façon ou d'une autre dans l'outil de gestion des exigences. Cette méthode est utile, mais malheureuse car elle coupe le lien dynamique bidirectionnel avec l'outil d'AF. On perd la traçabilité de couverture avec l'expression du besoin, qui est la vraie référence du projet ;
- Manuelle,
- Depuis un autre outil (par exemple en XML),
- Récupérées d'un projet précédent.

## 7.5 Qui intervient dans la gestion des exigences ?

Selon le cas :

- Le commanditaire ou demandeur (directeur de programme, chefs de projet, consultants...) : Celui qui fait (ou fait faire) l'analyse fonctionnelle et qui est un bénéficiaire direct des conclusions de l'analyse ;
- Les acteurs du dépouillement d'appels d'offres ;
- Les responsables chargés d'affaires ou de projets : suivit de projet ;
- Les responsables chargés d'études : les concepteurs des solutions techniques ;
- Les responsable systèmes : dédiés à un système ;
- Les experts qui doivent expertiser et valider le travail de la MOE ;
- Les responsables des tests ;
- Les responsables sûreté-sécurité;

- Les responsables de la recette lors de la livraison.

On s'en doute, la gestion d'exigences est un travail collaboratif !

## 7.6 Quand fait-on de la gestion d'exigences ?

En plus de la phase d'analyse fonctionnelle :

- Lors du dépouillement d'appels d'offres ;
- Pendant la phase de conception ;
- Avec le suivi de projet, pendant les phases d'intégration de validation et de qualification ;
- Pendant les tests ;
- Durant l'analyse des risques
- Au moment de la recette/livraison ;
- Lors d'amélioration, de changements ou d'évolution ;
- En phase de maintenance ;
- Lors du démantèlement du produit.

La gestion d'exigences en phases de définition du besoin et d'analyse fonctionnelle étant celles qui ont le plus d'impact sur le projet.

## 7.7 Distinguer plusieurs types d'exigences

Dans l'ingénierie des systèmes, une exigence peut être la description de ce qu'un système doit faire. Ce type d'exigence spécifie quelque chose que le système livré doit être capable de faire.

Un autre type d'exigence spécifie quelque chose sur le système lui-même, et de quelle manière il exécute ses fonctions. De telles exigences s'appellent souvent « exigences non fonctionnelles », « exigences de performance ». Exemples de ce type d'exigences : la disponibilité, la testabilité, la facilité de maintenance et la facilité d'utilisation.

Il est possible de multiplier les types d'exigences afin d'être plus spécifique. Cependant une bonne méthodologie propose toujours de réduire au maximum la diversité des types pour les rendre plus génériques, donc plus facilement applicables à plus de domaines et ainsi simplifier les choix, la compréhension et la gestion.

En ingénierie, les exigences sont classées généralement en trois catégories :

1) **Exigences fonctionnelles** - Elles décrivent les caractéristiques du système ou des processus que le système doit exécuter. On trouve dans cette catégorie les règles métiers, et les exigences fonctionnelles de sécurité (confidentialité,...). Elles correspondent aux fonctions principales et de service de l'analyse fonctionnelle.

2) **Exigences non fonctionnelles** - Elles décrivent les propriétés que le système doit avoir ; par exemple les exigences techniques de sécurité informatique (confidentialité, intégrité, disponibilité),

de performance, d'accessibilité, selon des critères définis. Elles correspondent aux fonctions de contrainte de l'analyse fonctionnelle.

3) **Contraintes** : Les limites du développement en quelque sorte : comme définir un système d'exploitation sur lequel le système doit fonctionner, ou définir quel langage de programmation doit être utilisé pour mettre en œuvre le système. Elles correspondent aussi aux fonctions de contrainte de l'analyse fonctionnelle.

On voit qu'il est possible de réduire à deux le nombre de types d'exigences, sans perte d'information, en regroupant les exigences non fonctionnelles avec les contraintes. Ce que font d'ailleurs les méthodes d'analyse fonctionnelle.

## 8 ELEMENTS D'EXIGENCES

### 8.1 Expression qualitative d'une exigence

#### 8.1.1 Identification (Id)

Une exigence est identifiée par une numérotation (ex.: Ec01, Ef01...). La structuration des exigences peut se représenter comme ceci : Ec01-01 (représente la sous exigence de contrainte 01 de l'exigence Ec01) etc. L'utilisation du signe - matérialise le niveau.

Notez que dans ce cas, il est recommandé de mettre systématiquement un 0 (zéro) devant tous les nombres compris entre 1 et 9, afin de pouvoir faire ultérieurement et correctement des tris alphanumériques.

*Note : Ici, la signification des symboles des préfixes **Ef** : Exigence fonctionnelle et **Ec** : Exigence non fonctionnelle (de contrainte) sont arbitraires et peuvent être changés.*

#### 8.1.2 Formulation (Libellé)

- Le libellé est formulé par un verbe à l'infinitif (action) suivi d'un ou plusieurs compléments (Pour qui? Sur quoi?),
- Choisir des verbes d'action plutôt que la forme passive (« Faire » plutôt que « Permettre »),
- Elle ne doit pas préjuger ni d'une solution ni d'un principe technique (ex.: Lier plutôt que visser),
- Ne créer une nouvelle exigence que lorsque c'est indispensable.

Une « description » plus détaillée doit également être possible lorsque c'est nécessaire, mais dans un champ « description » séparé.

### 8.2 Expression quantitative d'une exigence

Certains parlent de spécification de l'exigence, nous verrons cela plus bas.

# La gestion des exigences pour les débutants

## 8.2.1 Caractérisation (norme NF X50-151-153)

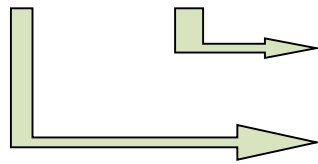
C'est la définition de critères d'appréciation et de niveaux de performance qui permettront à la MoA de valider le choix d'une solution technique. Une exigence caractérisée doit avoir au moins un critère, un critère au moins un niveau et un niveau une seule flexibilité.

## 8.2.2 Critères d'appréciation

Caractère retenu pour apprécier la manière dont une exigence est remplie ou respectée (largeur, couleur, durée de vie...).

Choix des critères : Exemple pour un stylo, on souligne les mots clés :

**Ef01** « Laisser une trace sur un support »



- Nature du support
- Durée de vie
- Couleur de la trace
- Temps de fixation de la trace
- Largeur de la trace

## 8.2.3 Niveau de performance demandé

Echelle d'appréciation d'un critère. Un critère peut avoir plusieurs niveaux. Chaque niveau comprend au minimum :

- Un niveau de performance. Ex.: 0,5 mn
- D'autres paramètres peuvent être ajoutés. Ex.: Limite (tolérance). Ex.: +/- 0.1 mn - Taux d'échange (de l'analyse de la valeur).

## 8.2.4 Flexibilité

A chaque niveau, doit obligatoirement être définie une flexibilité. La norme propose la dénomination suivante :

- F0 - n'accorde aucune flexibilité. A un caractère obligatoire et contractuel,
- F1- accorde une flexibilité négociable. Peut être liée à un critère **d'échange**. Exemple : si on ne peut atteindre la performance demandée, alors le critère prix doit être x% plus faible,
- On rencontre d'autres flexibilités : F2, F3. Elles indiquent des degrés variés de négociation.

## 8.3 Résumé Exigence-Critères-Niveaux-Flexibilité

<i>Exigence</i>	<i>Critère</i>	<i>Niveau</i>	<i>Flexibilité</i>
<b>Ef01</b> « Laisser une trace sur un support »	<b>Ef01Cr01</b> « Largeur de la trace »	<b>Ef01Cr01Ni01</b> « 0.5 mn (+/-01mn) »	<b>F0</b>

Ef01Cr02 « Durée de vie »

Ef01Cr02Ni01 « 1 Km (-500m) » **F1**

...

Note : Ici, la limite (tolérance) est intégrée dans le niveau.

## 8.4 Choix du système de caractérisation (de spécification) des exigences

- Caractérisation de toutes les exigences à tous les niveaux
- Caractérisation uniquement des exigences élémentaires (celles qui ne se décomposent pas)

En toute rigueur, le deuxième choix évite la divergence des critères et des niveaux avec les exigences parentes. L'autre avantage est la limitation du nombre de critères et de niveaux, ce qui est toujours une bonne nouvelle quand on doit gérer des milliers de d'exigences.

On remarque que dans l'industrie on justifie, selon sa spécificité, son savoir-faire et son expérience, une solution plutôt qu'une autre et il existe des partisans farouches du premier choix. C'est une décision importante, mais non stratégique pour la réussite du projet.

Exemple de caractérisation des exigences élémentaires (2ème choix) :

<i>Exigence</i>	<i>Critère</i>	<i>Niveau</i>	<i>Flexibilité</i>
-----------------	----------------	---------------	--------------------

Ef01 « Libellé de Fp01 » (pas de critère ni de niveau pour cette exigence)

Ef01-01 « Libellé de Fp01-01 »

Ef01-01Cr01 « Critère de Fp01-01 »

Ef01-01Cr01Ni01 « Niveau de Ef01-01Cr01 » **F0**

Ef01-02 « Libellé de Ef01-02 »

Ef01-02Cr01 « Critère de Ef01-02 »

Ef01-02Cr01Ni01 « Niveau de Ef01-02Cr01 » **F1**

...

## 8.5 Définition des attributs d'une exigence

Une exigence possède divers attributs qui facilitent sa gestion et son suivi en permettant des filtres. La liste ci-dessous n'est pas exhaustive car certains attributs sont propres à un métier, un savoir-faire, une tradition ou un besoin spécifique. En conclusion, cette liste doit être complétée ou adaptée au besoin. C'est un des éléments clé de la phase de paramétrage de l'outil.

Quelques exemples d'attributs (liste non exhaustive)

- Stabilité (bas-haut-moyen)
- Difficulté (bas-haut-moyen)
- Priorité (bas-haut-moyen)
- Complétude
- Date d'objectif (livraison)
- Statut (approuvé-non approuvé-non vérifié)
- Avis de conformité (conforme – non conforme – non expertisé – en cours d'expertise)
- Avis de sûreté-sécurité et des risques de développement
- Avis de tests
- Nom de l'expert - Avis d'expert – Date de conformité
- Imposition et justification de solutions
- Autres...

## 8.6 Attributs de lien

Une exigence est quasiment et systématiquement liée à d'autres éléments, par exemples :

- A des exigences dérivées (exigences techniques)
- A des exigences liées (du domaine fonctionnel) dont la réalisation dépend d'une ou de plusieurs autres exigences définies dans un autre domaine (typiquement normatif)
- A des sous-exigences (arborescence d'exigences)
- A des spécifications (si pas de caractérisation)
- A des variantes (solutions fonctionnelles ou de conception)
- A des cas d'utilisation (Use Case)
- A des sous-systèmes (approche systémique)
- A des références (internes ou externes)
- A des tests (et à des résultats de tests)
- A des risques (et à leur barrières)
- A des documents externes (normes, lois, chapitres du CDCF, expertises...)

Il est indispensable des pouvoir paramétrer ces liens en fonction du besoin.

## 8.7 Fonctionnalités associées à la gestion d'exigences

### 8.7.1 La traçabilité

La traçabilité est la possibilité de lire facilement ce qu'il est advenu et ce qu'il est censé advenir de quelque chose.

La traçabilité des exigences est le fait de pouvoir à tout instant connaître facilement l'origine et les liens entre les exigences, ainsi qu'entre les exigences et les autres éléments du projet ou le contexte (notamment les besoins des utilisateurs, les objets de la conception, les risques et les tests). Un exemple : La traçabilité de couverture des exigences techniques (MoE) avec les exigences clients (MoA).

Traçabilité bidirectionnelle : Par exemple, pouvoir tracer une exigence depuis son plus haut niveau jusqu'au plus bas et réciproquement. Depuis les exigences du client vers les exigences techniques et réciproquement afin de s'assurer que toutes les exigences du client ont bien été traitées.

Autre exemple : Vérifier que toutes les exigences ont bien été testées.

Elle aide à répondre aux questions du type :

- D'où vient une exigence ?
- La solution réalisée est-elle conforme aux exigences du client ?
- De quelle(s) autre(s) exigence(s) cette exigence est-elle dépendante
- Cette exigence est-elle nécessaire ?
- Couvre-t-elle un besoin ?
- Cette exigence est-elle couverte par des exigences de conception ?
- Dans quel système/lot met-on en œuvre cette exigence ?
- Quels sont les risques liés à cette exigence ?
- Comment testera-t-on cette exigence ? Quels tests ?
- Toutes les exigences sont-elles prises en compte (complétude) ?
- Et si non, quel est le pourcentage d'exigences qui restent à prendre en compte ?
- Quelles sont les exigences non (encore) prises en compte ?
- Quel est l'impact du changement d'une exigence ?
- Quel est le statut des difficultés en cours ?
- Quel est le statut du projet ?
- Etc.

La traçabilité va plus loin que le simple contexte de la gestion des exigences. Dans un projet, il est très utile de la prolonger aux phases amonts, l'analyse fonctionnelle (CDCF) et l'expression du besoin ainsi qu'aux phases aval, notamment vers le développement, l'intégration, la validation, la qualification et bien sûr la maintenance et le démantèlement.

La gestion des exigences est l'élément essentiel du suivi de projet.

## **8.7.2 Gestion des états et de la complétude (gestion d'événements - Workflow)**

### **8.7.2.1 Les états**

Un projet est essentiellement une affaire d'équipe comprenant un nombre conséquent de parties prenantes ayant des rôles et des objectifs différents (nous aborderons en détail la gestion des rôles dans un prochain chapitre). Chacune des parties prenantes intervient sur les exigences en donnant des avis ou en précisant une date, un état, un jalon etc., relatif à son rôle. Ces éléments doivent être sécurisés, par exemple : une personne ne peut modifier les avis d'une autre. Par contre l'évolution de certains attributs d'une exigence doit pouvoir invalider certains statuts. Par exemple, la modification du libellé d'une exigence implique sa réévaluation complète par la chaîne d'approbation, donc la réinitialisation automatique de certains attributs. Ce fonctionnement est similaire à un "Workflow". C'est de l'ingénierie d'exigences, et l'on comprend que des mécanismes complexes se mettent en route et qu'il faudra les gérer.



L'ensemble des états consolidé représente le statut global du projet à un instant "T". Afin de mieux comprendre les évolutions, il est recommandé « d'historiser » chacun des statuts.

## **8.7.2 La complétude des exigences**

Comme nous le verrons en détail dans un prochain chapitre, les exigences sont de préférence organisées en arborescence d'exigences. On dit dérivée les exigences. On considère l'exigence complète si toutes ses sous-exigences sont elles-mêmes complètes et validées et ceci jusqu'à la feuille de l'arborescence. L'outil doit pouvoir « calculer » automatiquement la complétude sur toute l'arborescence. Il peut également afficher un symbole de validation, par exemple une coche verte, lorsqu'une exigence et sa structure sont déclarées complètes et validées.

L'ensemble de ces données, pour toutes les exigences, représente le statut global du projet à un instant "T".

Maintenant, on comprend mieux pourquoi les outils de gestion des exigences performants peuvent a priori paraître chers.

## **8.7.3 Historisation**

Dans l'ingénierie, comme dans la vie, tout change plus ou moins fréquemment. Le changement est le moteur de l'évolution, de l'amélioration du service et de la qualité des produits, à condition de bien le gérer. Outre le fait que les changements doivent être approuvés, leur enregistrement afin de comprendre l'évolution d'une exigence est primordial. Il n'est pas nécessaire de tout « historiser », cela peut engorger la base de données, mais plutôt, de sélectionner les attributs essentiels tels que le libellé et la raison des changements, la date et le nom de la personne ayant effectué ces changements. Cette fonction est une aide efficace pour expliquer bon nombre de difficultés et trouver des solutions. Elle est très appréciée par les responsables de projet.

## **8.7.4 Gestion des demandes de modification**

Liée à l'historisation, la gestion des changements permet le suivi des demandes, d'évaluer leur pertinence, l'impact sur le projet et leur statut. C'est un élément clé de la qualité et de la pérennité du projet. Tout changement doit faire l'objet d'une demande d'approbation.

## **8.7.5 Les demandes d'approbation**

La gestion d'exigences est presque systématiquement un travail d'équipe. Lors d'une modification, les responsables des exigences liées ou dérivées doivent être informés immédiatement afin de pouvoir approuver le changement. Couramment ceci se fait par l'envoi automatique d'emails de « demande d'approbation ».

## **8.7.6 Gestion des points ouverts**

Tout n'est pas parfait en ingénierie et des difficultés interviennent dans la réalisation des exigences ou dans leur définition. Celle-ci ou celle-là n'est pas validée par l'expert car les résultats des tests montrent que les niveaux des critères ne sont pas atteints. Dans ce cas on peut créer un « point ouvert ». Il s'agit de définir un responsable du suivi, de définir des dates d'ouverture, d'objectif et de fermeture, un statut et de préciser les actions à entreprendre. Ainsi les responsables du projet

pourront tracer les exigences posant encore des problèmes et éventuellement les filtrer avec des critères. Ils pourront déterminer objectivement et à tout moment, l'état précis du projet.

## 8.7.7 *Gestion des indicateurs clés*

Il est du ressort des outils de gestion des exigences de fournir des fonctions d'aide à la décision. Ils sont sensés calculer et afficher des indicateurs clés de gestion, par exemple en termes de :

- Quantité : correspondant au nombre d'exigences filles à chaque niveau.
- Complexité : correspondant au nombre d'exigences liées
- Nombre d'éléments impliqués : Par exemple, des fonctions ou des lignes de code
- Effort nécessaire : en jours, semaines, mois...

Ces informations concernent chacune des exigences et doivent être consolidées sur toute la hiérarchie. Ces données sont ensuite affichées dans des tableaux de bord spécifiques à un rôle, avec des éléments calculés tels que : Les valeurs mini/maxi, les totaux, les moyennes et le nombre d'éléments concernés.

Ces données sont des outils d'aide à la décision appréciés par les responsables du projet.

## 8.7.8 *Gestion des risques de développement*

Il s'agit ici des risques de développement et non pas des risques fonctionnels ou de sûreté du produit. Nous étudierons ces derniers dans un autre chapitre. En fonction de facteurs de risques associés à des coefficients, on calcule le « Risque technique » et le « Risque global de développement » pour chaque exigence. Ces informations consolidées seront utilisées pour définir les priorités, les besoins de formation du personnel, organiser et dimensionner les ressources. Ce sont des aides à la prise de décision.

## 8.7.9 *Gestion des retours d'expérience (REX)*

L'analyse et la gestion d'exigences sont des moyens puissants pour capitaliser l'information afin de la réutiliser dans d'autres projets. Il est donc intéressant de prévoir des attributs de retour d'expérience appropriés (REX fonctionnels ou organiques) pour chaque exigence et de les gérer globalement (base de données REX inter projet). C'est un plus important qui contribue à valoriser le savoir-faire de l'entreprise.

## 8.8 Hiérarchisation des exigences

En théorie, toutes les exigences peuvent être structurées. C.-à-d. quelles peuvent se décomposer (on dit aussi : dériver) en autant de sous exigences que nécessaire, sans limitation du nombre de niveau (hiérarchisation). L'ensemble créant une arborescence d'exigences (arborescence fonctionnelle).

En pratique, et pour respecter la méthode et contrôler la complexité, une exigence ne doit pas comporter plus de 7 (+/- 2) sous exigences. Le nombre des niveaux doit être « juste nécessaire » à une parfaite compréhension et exhaustivité, dans la limite de l'objectif de l'étude (l'expérience est ici très significative).

## 8.9 Travail collaboratif

Gérer des exigences est essentiellement un travail de groupe qui comprend des parties prenantes ayant des objectifs et de rôles différents, voir conflictuels. Certaines sociétés appellent cela « une gestion d'affaire ». Une affaire étant dans ce cas synonyme de programme ou de projet, comprenant une organisation humaine.

Deux critères pour le travail collaboratif sur des exigences :

### 8.9.1 Multiutilisateur

Implique de pouvoir travailler simultanément et confortablement et sans risque à plusieurs sur un même projet. Ceci veut dire qu'il faut protéger l'accès aux données pour en garantir l'intégrité. La technologie de « Check In » et de « Check Out » standard aux bases de données est utilisée à cet effet.

### 8.9.2 Gestion des rôles et de la confidentialité

Comme nous l'avons déjà souligné plusieurs fois plus haut, un projet peut impliquer plusieurs équipes et un nombre important de parties prenantes, celles-ci ayant des rôles et des objectifs différents.

Certaines informations contenues dans les exigences peuvent être confidentielles, ou réservées à un rôle particulier. Il est alors important de pouvoir contrôler l'accès (lecture-écriture-gestion) à ce type d'information. Pour cela nous devons définir des privilèges et des droits d'accès très fins.

Des rôles correspondants à des degrés de responsabilité sont définis pour la MOA et la MOE. Le travail est souvent réparti par métiers, compétences ou responsabilités de systèmes.

L'organisation du travail collaboratif consiste à former des équipes et à affecter (mapper) les droits d'accès à des exigences, à des structures d'exigences (une arborescence particulière d'exigences concernant par exemple un sous-système ou un métier, ou une technologie), à des attributs d'exigence, à des rôles particuliers ou des groupes d'utilisateurs.

On l'a vu dans un chapitre précédent, la gestion des rôles est nécessaire pour contrôler efficacement la gestion des modifications.

## 9 GESTION DES TESTS

Dans ce contexte, la gestion des tests est un sous processus de la gestion des exigences. Ce processus peut être à géométrie variable en fonction des spécificités du projet. Il peut être simple lorsque les tests sont associés directement aux exigences ou complexe si les tests sont regroupés dans des fiches de tests qui elles même sont relatives aux phases du projet. Ainsi en fonction des phases, les tests valideront certaines exigences et pas d'autres. Pour organiser l'ensemble de ces tests, il est utile de définir un **plan de tests**.

## 9.1 Plan de tests

Afin d'organiser les tests dans le temps, un plan de tests doit être défini. Ce plan est souvent composé de **phases**, elles-mêmes composées éventuellement de sous phases. Une phase comprend des fiches de tests et des documents de tests. Bien évidemment ce plan est adapté au contexte du projet.

### 9.1.1 Phases du plan de tests

Pour des raisons évidentes de gestion, un plan de tests est couramment structuré en phases dont voici les 4 principales :

- Conception
- Intégration
- Validation
- Qualification

On pourrait ajouter en amont la phase d'expression du besoin et d'analyse fonctionnelle et en aval, les phases de maintenance et de démantèlement. Bien sûr, cette liste n'est pas exhaustive et en fonction du type de projet, elle sera plus ou moins importante et spécifique.

Les phases peuvent être décomposées en sous-phases selon les besoins du projet. Ces besoins sont entre autres dictés par la structuration en chapitres que l'on veut donner aux rapports et documents de conception. Par exemple, un chapitre par phase, sous-phases etc.

Une phase est essentiellement composée de **fiches de tests**.

Elles permettent aussi de gérer des **documents de tests** contenant la synthèse des résultats des tests de la phase.

### 9.1.2 Fiche de tests

Les fiches de tests permettent de regrouper des **actions de tests** spécifiques afin de vérifier la conformité des livrables de la phase par rapport aux spécifications ou critère (et niveaux de performance) des exigences concernées.

Une fiche de test doit donc préciser la liste des exigences concernées par les actions de tests. Ceci est un élément important de traçabilité.

Elle permet également de contenir la synthèse globale des résultats des **actions de tests**. C'est là que l'on précisera les exigences qui n'ont pas été satisfaites par les résultats des actions de tests.

### 9.1.3 Les actions de tests

Une action de test doit généralement être exécutée selon une séquence particulière. Elle précise ce qui doit être fait, les résultats attendus et les résultats obtenus.

Après exécution, l'action doit être sanctionnée par un statut : « OK » ou « Non OK ».

Ceci termine notre étude sur les tests. Il est clair que ce scénario n'a rien d'obligatoire, d'autres approches plus ou moins complexes peuvent être définies en fonction du besoin.

## 10 GESTION DES RISQUES FONCTIONNELS

Pour la science du danger, les exigences sont potentiellement des sources de dangers. Voir le cahier technique CASE France « **L'analyse de risques pour les débutants** ».

Dans cette étape, il s'agit des risques fonctionnels ou techniques sur les exigences. En ingénierie l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) ainsi que les Arbres de Défaillance (AD) sont les principaux outils d'analyse de risques.

Ceci implique en prérequis qu'une phase d'architecture produit (système) ait été réalisée et qu'une structure de systèmes ou d'équipements existe pour le projet. Voir plus loin, le chapitre sur l'architecture système et le suivi de projet.

Les exigences sont alors affectées (« mappées ») dans les sous-systèmes (ou équipements). Ainsi, pour chaque exigence (ou fonction du CdCF) d'un système, on détermine ses modes de défaillance, les causes, les effets, comment les détecter, les dispositifs de remplacement, la criticité. Celle-ci est évaluée en fonction de la probabilité (ou fréquence), de la gravité et de l'acceptabilité du risque concerné.

Certains de ces éléments comme le seuil d'acceptabilité font partie d'une négociation. Dans le cas d'une criticité trop élevée, on mettra en place un système de barrières (techniques ou opératoires) de protection ou de prévention. Le but : Rendre les conséquences (effets) compatibles avec les objectifs de sûreté/sécurité du projet.

Arrivé à ce stade, nous avons alors tous les éléments pour produire une AMDEC.

Les informations doivent être compilées par exigence/fonction et par sous-système/équipement afin de générer automatiquement et de façon exhaustive un tableau AMDEC.

En fonction des types de risques, d'autres méthodes et outils d'analyse peuvent être utilisés, comme par exemple : Le modèle « MADS » (Méthode d'Analyse des Disfonctionnement des Systèmes) et les « AD » (Arbres de Défaillance). Ceux-ci doivent le cas échéant faire partie de l'outil utilisé.

La prévention est un processus itératif par nature car les barrières mises en œuvre peuvent elles-mêmes être source de danger. Il faut donc réévaluer le risque après la définition des barrières pour obtenir le risque résiduel. Le niveau de risque résiduel acceptable doit être négocié. Rappel : Le risque zéro n'existe pas !

La gestion de risque consiste aussi à rédiger un plan d'actions pour suivre : la mise place des barrières, vérifier leur statut, gérer l'évolution de la criticité des risques actuels en fonctions des changements de l'environnement ou des retours d'expérience et détecter les nouveaux dangers liés par exemple à des modifications au niveau des exigences.

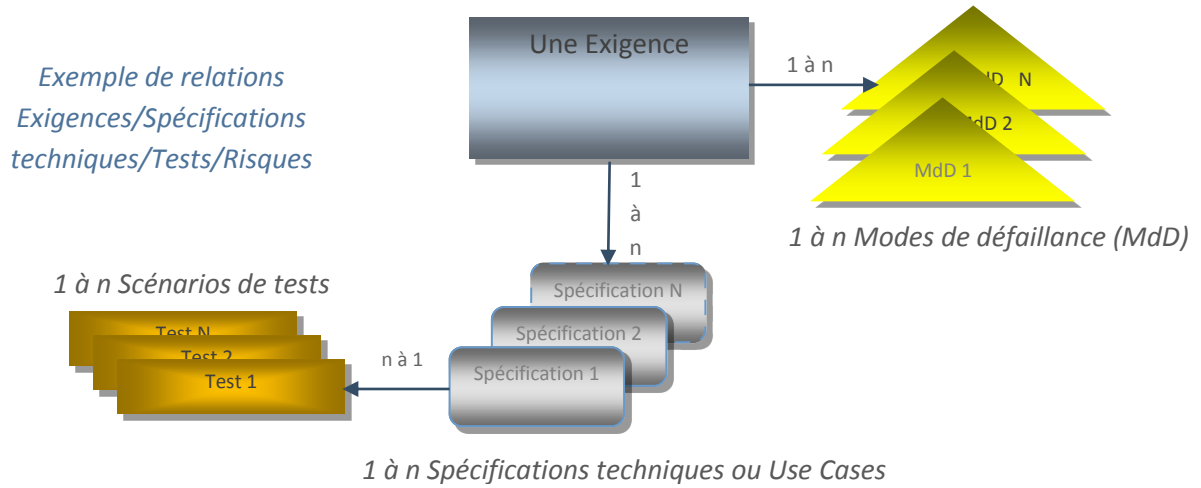
Dans certains projets sensibles, il peut être utile de mettre en place un suivi des incidents afin d'affiner par retour d'expérience, la criticité des risques concernés.

La gestion des risques est une tâche coûteuse mais nécessaire pour livrer des produits sûrs et de plus grande qualité.

# La gestion des exigences pour les débutants

La gestion des exigences de sûreté et de sécurité est un concept proche que nous traitons en détail dans le chapitre suivant.

Ci-dessous, un exemple simplifié de gestion des tests et des risques fonctionnels.



*Résumé de la structure des risques fonctionnels simplifiés, des spécifications et des tests d'une exigence.*

## 11 SUIVI DE PROJET ET ARCHITECTURE SYSTEMES

Le suivi de projet est une des activités de la **gestion de projet** une fois le projet lancé. Elle consiste à suivre l'exécution du plan de travail. Généralement les travaux à réaliser se formalisent sous forme d'actions, de livrables... Elle prend naturellement la suite de la gestion des exigences avec laquelle elle est étroitement liée et contribue fortement à la qualité des produits.

### 11.1 La méthode : Approche systémique

Dans l'industrie, le suivi de projet est majoritairement basé sur une architecture système (produit). D'autres approches sont possibles, par exemple par livrable. Il est possible de mixer les deux. L'approche systémique est cependant la plus logique. On commence donc par modéliser (cartographier ou concevoir) la structure du projet en systèmes et sous-systèmes (ou en équipements). En fait, on construit une arborescence dont chaque sous-système est lié à une ou plusieurs exigences du cahier des charges, qu'il réalise. Avec cette démarche, la structure finale est naturellement optimisée et conforme au cahier des charges. Bien évidemment pour faciliter les choses et assurer la traçabilité il faut que la gestion des exigences et le suivi de projet partagent le même référentiel.

Dans cette hiérarchie, un sous-système est justifié quand il réalise directement ou par l'intermédiaire d'un de ses sous-systèmes, une ou plusieurs exigences. Réciproquement, la couverture des exigences par un ou plusieurs systèmes garantie la conformité avec le cahier des charges. Ainsi vous êtes assurés que toutes les exigences sont bien réalisées par le système ou par un de ses sous-systèmes.

Dans certains projets multi métiers (type génie civil), des structures de systèmes peuvent être allouées à des lots afin de s'adresser plus efficacement à des professionnels spécialisés.

### 11.2 La complétude des systèmes

La vérification de la complétude du projet et sa validation sont les éléments clés pour déterminer le statut du projet. Un système est dit complet lorsque tous les sous-systèmes de son sous arbre sont complets et validés et que toutes les exigences liées (et leur sous exigences) sont elles-mêmes réalisées et validées.

L'état du projet, c'est-à-dire de son arborescence, doit être actualisé en temps réel et en mode collaboratif. Par exemple, lors d'un changement sur une exigence, vous devez savoir immédiatement quel sous-système est concerné et réciproquement.

### 11.3 Le suivi de projet; une tâche collaborative

Comme pour les exigences, un système est souvent l'affaire de plusieurs parties prenantes : Responsables projet, système, sécurité, qualité, conception, tests et d'experts internes ou externes etc. En fonction de son rôle, celui-ci va agir sur le système ou sur ses exigences en modifiant ses paramètres dédiés. La gestion des rôles permet de gérer la sécurité d'accès à l'information, les

responsabilités des intervenants dans un environnement collaboratif et de répondre à la question "qui a fait quoi ?".

## 11.4 La gestion des interfaces

Avec la modélisation des systèmes, il est possible de s'intéresser aux interfaces. Celles-ci reliant naturellement les systèmes entre eux pour former un bloc fonctionnel. Leur gestion est un élément critique dans le suivi de projet car elles font partie intégrante du statut global. Selon les besoins, une interface peut être liée à (réalise) des exigences fonctionnelles ou normatives, assurant la traçabilité de couverture avec le cahier des charges.

## 11.5 La gestion des tests systèmes

Cette partie est identique à la gestion des tests sur les exigences. Un système hérite des tests liés à chacune de ses exigences. Maintenant on sait en plus à quel système appartient un test.

## 11.6 La gestion des risques sur les systèmes

Voir chapitre §10 : La gestion des risques fonctionnels.



## Les exigences et la sûreté-sécurité

---

### 12 LA GESTION DES EXIGENCES DE SURETE ET DE SECURITE

*La sûreté consiste en l'ensemble des dispositions prévues, au regard des risques de toutes origines que peuvent présenter une installation ou un système tout au long de sa « vie » pour assurer ses fonctions dans le respect des exigences de protection du public, des travailleurs et de l'environnement.*

La notion d'exigence de sûreté est liée à l'analyse des sources de dangers d'une installation ou d'un système. Elle vient en aval de l'ingénierie des systèmes. A chaque danger correspond des risques d'une certaine typologie. Afin de réduire l'arrivée d'événements non souhaités, des exigences sont définies en accord avec les objectifs de sécurité puis spécifiées.

Dans un projet important et pour faciliter leur gestion, les exigences peuvent être affectées à des sous-systèmes qui eux-mêmes pourront faire partie d'un lot (souvent déterminé par un métier).

Les risques sont regroupés dans les documents d'analyse de risques de l'installation ou du système et consultables par les diverse parties. Bien entendu, le risque n'étant pas une science exacte, les nombreuses évolutions doivent être suivies. La traçabilité des changements est un des éléments clés du processus de gestion des exigences de sûreté. De multiples variantes dans l'organisation des activités de sûreté-sécurité sont observées dans l'industrie, souvent en fonction de la culture de l'entreprise et ou du métier. Il est par conséquent primordial d'avoir un outil versatile, facilement adaptable (les ingénieurs de sûreté ne sont pas a priori des informaticiens) et fiable.

La gestion des exigences de sûreté et/ou de sécurité est une tâche difficile et délicate pour les organisations confrontées aux dangers.

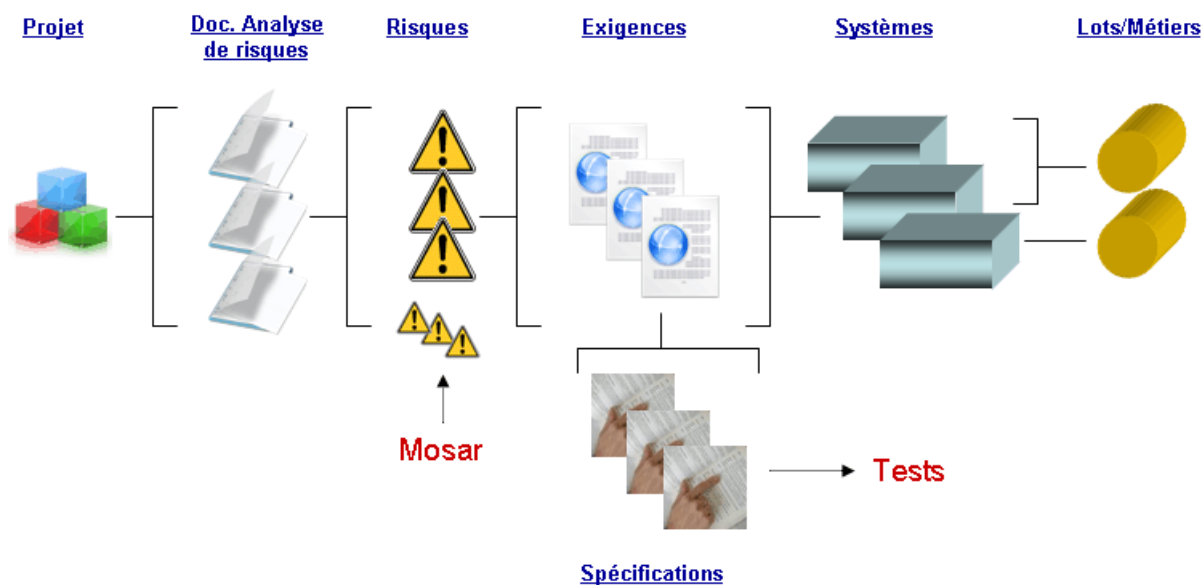
Cette activité, pourtant indispensable et souvent obligatoire est consommatrice de temps et d'énergie, donc d'argent. Elle est souvent perçue comme frustrante et est reléguée dans la classe des « enfants pauvres », car couteuse et sans retour réel mesurable autre que des statistiques. C'est un pis-aller. Dans ces conditions, les investissements sont faibles et l'utilisation de Word® et d'Excel® est courante. Pourtant, dans beaucoup de cas, ces outils sont technologiquement dépassés et sources de difficultés supplémentaires comme on l'a lu dans les chapitres §4.1 et §4.2 consacrés aux études marketing.

Dans ce cadre et bien que la source des exigences soit différente car elles proviennent très souvent d'une analyse de risques, l'objectif est d'assurer la sûreté et la sécurité des utilisateurs et de l'environnement et non pas de créer un produit. L'essentiel de la philosophie, de la méthode et de l'utilisation restent très semblables à l'analyse de risques classique, mais la mise en œuvre en est par contre très différente.

Le besoin de gérer des exigences de sûreté ne se cantonne pas à la gestion exclusive des exigences. En effets d'autres éléments liés aux exigences sont à prendre en compte et à gérer.

Tel qu'on peut le voir ci-dessous sur un cas réel d'un leader de l'énergie nucléaire.

# La gestion des exigences pour les débutants



*Exemple réel d'environnement de gestion des exigences de sûreté et de sécurité*

Au-delà de la pure gestion des exigences qui est similaire à l'ingénierie des systèmes, il est indispensable de gérer les liens avec les autres éléments du processus de sûreté et de sécurité.

La tâche est simple, « il suffit de ... » gérer la traçabilité entre tous ces éléments lors des changements qui ne manqueront pas dans le temps. Ce dernier (le temps) est souvent très long : des dizaines d'années, peut-être plus. On le voit, la gestion des exigences de sûreté est un processus dont les activités sont spécifiques à ce domaine. La notion d'exigence reste toutefois très proche de celle utilisée dans l'ingénierie des systèmes, bien que souvent adaptée et simplifiée au niveau de la définition qualitative et quantitative. Les autres fonctions de gestion sont toujours valables : travail collaboratif, historisation, validation, approbation etc.

## 13 DIFFICULTES DE LA GESTION D'EXIGENCES

Ce chapitre présente les problèmes courants :

1. les exigences sont coûteuses ;
2. les exigences sont incompréhensibles ;
3. les exigences sont incorrectes.

### 13.1 Exigences coûteuses

La gestion des exigences est une activité qui peut être coûteuse, pour les raisons suivantes :

- les exigences incluent les moyens de réalisation ;
- les exigences sont mal structurées ;
- le formatage manuel des exigences n'est pas normalisé ;
- les exigences sont incompréhensibles ou incorrectes.

Il est donc important de prendre en considérations ces points afin de limiter les coûts.

## 13.2 Exigences incompréhensibles

Les exigences sont souvent incompréhensibles, pour les raisons suivantes :

- les exigences sont mal structurées ;
- les exigences sont ambiguës (non-respect des règles de définition) ;
- les exigences sont difficilement traçables.

La compréhension sans ambiguïté des actions à mener est un atout majeur de la gestion d'exigence.

## 13.3 Exigences incorrectes

Les exigences sont souvent incorrectes, pour les raisons suivantes :

- les exigences sont inexactes ;
- les exigences sont incomplètes ;
- les exigences sont incohérentes ;
- les exigences sont invalidables.

L'expérience et la gestion des approbations en mode collaboratif (par rôle) sont des éléments clés pour diminuer le nombre d'exigences incorrectes.

### 13.3.1 Exigences inexactes

Le produit n'a pas à répondre à ces exigences du point de vue du client ou du fournisseur. Elles proviennent généralement d'une incompréhension du besoin ou d'un problème de gestion des modifications d'exigences.

### 13.3.2 Exigences incomplètes

Elles ne couvrent pas tous les intrants et extrants requis, toutes les fonctions requises ou toutes autres caractéristiques telles les performances requises ; ou elles ne sont pas priorisées, ne fournissent pas toutes les informations nécessaires à leur compréhension ou comportent l'expression « à déterminer ».

### 13.3.3 Exigences incohérentes

Elles se contredisent ou utilisent des termes différents, ou synonymes, pour décrire des mêmes concepts.

### 13.3.4 Exigences invalidables

Il n'existe aucune procédure acceptable permettant de les valider. Ces exigences utilisent souvent des intrants ou extrants internes ou des mots imprécis tels que « habituel »

## 14 LES OUTILS DE GESTION DES EXIGENCES

### 14.1 Justification d'un outil

Comme toujours, un outil est indispensable pour mettre en pratique les idées. La gestion d'exigences n'y échappe pas.

Comme le disait **Abraham Lincoln** dans une apologie de l'outil : « *Si l'on me donne 3 heures pour couper un arbre, je passerais 2 heures à affûter ma hache* ».

Le besoin de gérer des exigences à l'aide d'un outil se fait sentir très rapidement, souvent dès que les premiers changements arrivent. On se penche alors naturellement vers des solutions économiques à une portée de main : Word® ou Excel®.

Ces solutions semblent à priori données satisfaction si l'on se contente de peu..., car elles ne nécessitent pas de formation, sont largement diffusées, ne coûtent rien et surtout ne posent pas de problème « politique » : évaluation puis standardisation d'un nouvel outil quelque peu « STRATEGIQUE ». C'est un choix facile, donc un mauvais choix...

Dès qu'il s'agit de gérer dans le temps et à plusieurs, plus de quelques dizaines d'exigences, les problèmes liés à la technologie de ces outils deviennent prohibitifs.

Entres autres :

- Format des exigences non standardisé, non normalisé
- Accès à l'information difficile car répartie dans plusieurs fichiers sur plusieurs systèmes
- Pas de traçabilité
- Pas de suivi de l'évolution
- Données non sécurisée
- Pas de travail collaboratif en temps réel

### 14.2 Difficultés à mettre en œuvre

Se pose alors la question de changer pour un véritable outil de gestion des exigences. Si le travail dans ces conditions dure depuis longtemps, les difficultés pour changer seront importantes voir rédhibitoires. Les responsables projets, qui ont systématiquement « le nez dans le guidon » dû à la pression de la hiérarchie, verront d'un mauvais œil l'arrivée d'un nouvel outil, qui sera perçu comme un frein et une perte de temps. Depuis leurs « fenêtres », ils n'en comprennent pas les avantages. Leurs visions étant réduite à leur propres préoccupations : « on a travaillé comme ça depuis longtemps sans problème, ça peut encore durer... ». La direction des méthodes aura dans ce cas bien du mal pour trancher.

Conclusion, il est préférable de quitter au plus tôt ou d'éviter la solution exclusive Word®/Excel® avant que le passif ne devienne trop important et que les habitudes freinent le changement. Dans la pratique, une solution mixte est préférée : Saisie des exigences avec Word® ou Excel® pour des cas exceptionnels (utilisation par un expert externe), avec import dans l'outil de gestion des exigences.

Ceci obligera les récalcitrants à respecter au moins un certain format.

Dans ce cas, il serait intéressant si l'outil pouvait générer à son tour des documents Word® ou Excel®. Ceci faciliterait entre autres, les phases d'appel d'offres, et n'obligerait pas les sous-traitants à être équipés du même outil pour leurs réponses, au moins dans un premier temps. En outre, ces fonctionnalités permettent un déploiement progressif et sans heurt. Tout le monde est content!

## 14.3 Critères pour choisir un outil de gestion d'exigences

Un « bon » outil de gestion des exigences doit permettre la modification d'un même item (objet) par de nombreuses personnes en tenant compte des autorisations attribuées à chaque personne. Il doit gérer les versions et l'historique et faciliter les actions de validation, d'approbation et de traçabilité.

### **Le premier critère :**

Simple à paramétrer, à mettre en œuvre et à utiliser avec une bonne IHM. Il ne doit pas être une usine à gaz pour informaticiens et doit nécessiter un administrateur qu'épisodiquement (jamais à temps plein).

Dans la pratique, d'autres fonctionnalités sont déterminantes :

- Permettre la « customisation » (un paramétrage) précise et facilement,
- Centraliser et sécuriser l'information dans une base de données,
- Faciliter la saisie, la capture ou l'importation d'exigences,
- Intégrer ou permettre des liens dynamiques avec la phase amont d'AF et avale de suivi de projet (traçabilité avec les besoins et l'expertise),
- Gérer le travail collaboratif : Rôles/Privilèges,
- Permettre de suivre les liens des exigences (traçabilité) : Hiérarchique (exigences dérivées), avec des exigences liées, vers des documents extérieurs, vers les spécifications et les tests, vers le suivi de projet...
- S'adapter au métier : les attributs des exigences et leurs liens doivent être paramétrables, sans limite,
- Générer automatiquement des livrables par métiers vers Word®, Excel®, HTML, aux formats de l'entreprise : Logo, entête, pieds de page, table des matières, tableaux divers, « chapitrage », contenu.

Les fonctions suivantes sont à considérer :

- Permettre la création de tableaux de bord dynamiques de rapprochement et d'analyse avec la possibilité de modification directement dans la base,
- Gérer d'autres objets liés aux exigences et définir leurs attributs : document de risques, tests, sous-systèmes, lots etc. Afin de créer un processus d'ingénierie, un workflow avec traçabilité,
- Gestion des demandes d'approbation de changement (envoi automatique d'email...),
- Gestion des points ouverts,
- Gestion des retours d'expérience,
- Gestion la confidentialité,
- Assurer la sécurité de l'information.

## 15 CONCLUSION

Comme nous l'avons vu, l'intérêt d'une gestion des exigences concerne un grand nombre de domaines. Elle contribue efficacement à l'agilité et à la performance de l'entreprise et à la valorisation de son savoir-faire.

Elle est obligatoire pour obtenir le niveau 2 CMMI.

Plusieurs décennies d'utilisation sur de nombreux projets : Airbus, TGV, centrales nucléaires etc. en ont consacré ses bénéfices et justifié son utilisation. Sa popularité ne fait que croître dans le monde entier. Elle atteint déjà certaines PME avec des projets beaucoup plus modestes.

Les bénéfices les plus importants sont la traçabilité de l'impact des changements, clé de la qualité des produits, et la levée de toute ambiguïté qui diminue les conflits client/fournisseur et qui améliore la communication.

La gestion d'exigence ne nécessite pas une formation approfondie et son coût est faible en regard des avantages qu'elle apporte. Elle demande plutôt un engagement durable de toutes les parties prenantes. Nous savons que la difficulté la plus importante à sa mise en œuvre et à son succès est comme toujours, le refus de changer les mentalités. Dire « je n'ai pas le temps... » est un prétexte qui démontre une mauvaise organisation latente. Persévérer dans le refus est dangereux pour la pérennité de l'entreprise. Plus tard rime avec trop tard !

La quantité de données et la complexité des liens rendent obligatoire l'utilisation d'un outil spécifique et performant sans pour autant complètement abandonner Word® et Excel®, qui sont alors utilisés seulement pour la saisie d'exigences par certains experts temporaires (ou récalcitrants), mais en aucun cas comme moyen de stocker et de gérer les exigences.

La disponibilité d'outils modernes et conviviaux tel qu'**Envision Requirements Suite**©(i) favorise la mise en œuvre de cette technique.

\*\*\*

\*

- (i) Les exemples de ce document ont été créés avec l'outil de gestion des exigences : **Envision Requirements Suite**© version 11.

Pour plus d'information sur ce produit, consulter  
[www.case-france.com/EnvisionRequirements.html](http://www.case-france.com/EnvisionRequirements.html)

*Ce document est la propriété de CASE France - Copyright CASE France 2017  
Utilisation à des fins commerciales interdite sans autorisation écrite de CASE France.*

Copyright CASE France SARL  
[www.case-france.com](http://www.case-france.com)

# La gestion des exigences pour les débutants

## Table des matières

1	INTRODUCTION .....	2
2	DEFINITION .....	2
2.1	Exigence.....	2
2.2	Gestion des exigences .....	3
3	SECTEURS D'ACTIVITES CONCERNES .....	3
3.1	L'Ingénierie des Systèmes (IS) .....	3
3.2	La sûreté et la sécurité .....	4
3.3	Autres secteurs concernés .....	4
4	LE MARCHÉ DE LA GESTION DES EXIGENCES .....	5
4.1	Justification de la gestion des exigences.....	5
4.2	Etudes sur les coûts et la réussite des projets .....	5
5	LA GESTION DES EXIGENCES VUE PAR LE CMMI (Capability Maturity Model Integration) .....	6
6	POURQUOI MAITRISER LES EXIGENCES ? .....	6
6.1	Qu'apporte la gestion d'exigences ? .....	6
6.2	Interprétation des exigences.....	7
7	LA GESTION DES EXIGENCES DANS L'INGENIERIE DES SYSTEMES.....	8
7.1	Ce qu'est une exigence pour l'ingénierie .....	8
7.2	Les rôles des acteurs .....	9
7.3	Analyse fonctionnelle versus gestion d'exigences .....	9
7.4	Sources des exigences .....	10
7.5	Qui intervient dans la gestion des exigences ? .....	10
7.6	Quand fait-on de la gestion d'exigences ? .....	11
7.7	Distinguer plusieurs types d'exigences .....	11
8	ELEMENTS D'EXIGENCES .....	12
8.1	Expression qualitative d'une exigence .....	12
8.1.1	Identification (Id).....	12
8.1.2	Formulation (Libellé) .....	12
8.2	Expression quantitative d'une exigence.....	12
8.2.1	Caractérisation (norme NF X50-151-153) .....	13
8.2.2	Critères d'appréciation .....	13
8.2.3	Niveau de performance demandé.....	13
8.2.4	Flexibilité .....	13

# La gestion des exigences pour les débutants

8.3	Résumé Exigence-Critères-Niveaux-Flexibilité .....	13
8.4	Choix du système de caractérisation (de spécification) des exigences.....	14
8.5	Définition des attributs d'une exigence .....	14
8.6	Attributs de lien.....	15
8.7	Fonctionnalités associées à la gestion d'exigences.....	15
8.7.1	La traçabilité .....	15
8.7.2	Gestion des états et de la complétude (gestion d'événements - Workflow) .....	16
8.7.2.1	Les états.....	16
8.7.2.2	La complétude des exigences.....	17
8.7.3	Historisation .....	17
8.7.4	Gestion des demandes de modification.....	17
8.7.5	Les demandes d'approbation.....	17
8.7.6	Gestion des points ouverts.....	17
8.7.7	Gestion des indicateurs clés.....	18
8.7.8	Gestion des risques de développement.....	18
8.7.9	Gestion des retours d'expérience (REX).....	18
8.8	Hiérarchisation des exigences.....	18
8.9	Travail collaboratif.....	19
8.9.1	Multiutilisateur.....	19
8.9.2	Gestion des rôles et de la confidentialité.....	19
9	GESTION DES TESTS.....	19
9.1	Plan de tests .....	20
9.1.1	Phases du plan de tests .....	20
9.1.2	Fiche de tests.....	20
9.1.3	Les actions de tests.....	20
10	GESTION DES RISQUES FONCTIONNELS .....	21
11	SUIVI DE PROJET ET ARCHITECTURE SYSTEMES .....	23
11.1	La méthode : Approche systémique.....	23
11.2	La complétude des systèmes.....	23
11.3	Le suivi de projet; une tâche collaborative .....	23
11.4	La gestion des interfaces .....	24
11.5	La gestion des tests systèmes.....	24
11.6	La gestion des risques sur les systèmes .....	24



# La gestion des exigences pour les débutants

12	LA GESTION DES EXIGENCES DE SURETE ET DE SECURITE.....	25
13	DIFFICULTEES DE LA GESTION D'EXIGENCES.....	26
13.1	Exigences coûteuses.....	26
13.2	Exigences incompréhensibles.....	27
13.3	Exigences incorrectes.....	27
13.3.1	Exigences inexactes.....	27
13.3.2	Exigences incomplètes.....	27
13.3.3	Exigences incohérentes.....	27
13.3.4	Exigences « invalidables ».....	27
14	LES OUTILS DE GESTION DES EXIGENCES.....	28
14.1	Justification d'un outil.....	28
14.2	Difficultés à mettre en œuvre.....	28
14.3	Critères pour choisir un outil de gestion d'exigences.....	29
15	CONCLUSION.....	30