

# Ingénierie des Exigences - Une méthode simple et systématique

## 1.0 Introduction



et article présente une méthode d'ingénierie des exigences, développée à Hydro-Québec. Il présente plus précisément:

- Le domaine de l'ingénierie des exigences (Section 2.0),
- Les problèmes les plus souvent rencontrés dans ce domaine (Section 3.0),
- Une solution à ces problèmes: la méthode (Section 4.0),
- L'optimisation de cette solution (Section 5.0).

Cet article s'adresse à toute personne concernée par l'élaboration des exigences d'un produit / service. Par produit, on entend tout système ou sous-système tel qu'une installation, un équipement, un appareil, un composant matériel ou un composant logiciel.

## 2.0 Domaine

Cette section présente le domaine de l'ingénierie des exigences:

### 2.1 Contexte

L'ingénierie des exigences est une activité du processus de fourniture et d'acquisition. Elle fait le lien entre le client et le fournisseur. Ses intrants sont les exigences brutes ou besoins spécifiés par le client. Ses extrants sont les documents d'exigences: norme, appel d'offres, contrat, devis, cahier de charges, spécification, etc.

### 2.2 Contenu

L'ingénierie des exigences inclut:

- a) La collecte, l'analyse, la filtration, la complémentation, la caractérisation, la structuration et la documentation des exigences,
- b) La négociation des exigences avec le client et le fournisseur,
- c) L'implantation et le suivi de la traçabilité des exigences,
- d) La gestion des modifications d'exigences.

### 2.3 Importance

L'ingénierie des exigences est une activité très importante du processus de fourniture et d'acquisition. À tel point que, si elle est négligée, plusieurs besoins du client ne sont jamais compris par le fournisseur ou ne le sont qu'après la livraison. Il en découle les problèmes majeurs suivants:

- a) Augmentation des coûts et délais de réalisation: la compréhension d'un besoin après la livraison implique souvent de recommencer la réalisation, au moins en partie,
- b) Diminution de la qualité: l'incompréhension d'un besoin implique que le produit / service ne répondra pas à ce besoin; et la compréhension d'un besoin après la livraison implique souvent que le produit / service ne répondra pas à ce besoin ou ne sera que sommairement corrigé pour y répondre le mieux possible.

L'ingénierie des exigences est une activité non seulement importante mais aussi essentielle à la fourniture et à l'acquisition. En effet, les exigences sont la base de l'entente client-fournisseur. De surcroît, elles sont la base de la fourniture et de l'acquisition: base de réalisation; base de validation / d'acceptation par le client; base de documentation.

### 2.4 Notions de base

Les notions de base de l'ingénierie des exigences se retrouvent dans multiples documents de référence, dont les normes 1233 [1] et 830 [2] de IEEE. Les plus importantes sont les suivantes:

#### 2.4.1 Généralités:

- a) Exigences de boîte noire: les exigences doivent être spécifiées d'un point de vue extérieur au produit / service, donc en faisant abstraction des moyens de réalisation,
- b) Exigences pour clients et fournisseurs: les exigences doivent être

par René Bujold,  
Hydro-Québec, Montréal, QC

### Abstract

Enabling the interface between the customer and the supplier, Requirements Engineering (RE) is a very important part of the supply and acquisition process. However, RE is often overlooked, with emphasis being placed on the implementation. Hence, several needs of the customer are never understood by the supplier or are done only after delivery. This results in major problems of costs and product/service quality. In 2001, Hydro-Québec developed a simple and systematic method to solve these problems. Based on international standards, this method relies on six main rules aiming at (1) diminishing the cost of RE, (2) facilitating the comprehension of the requirements, and (3) specifying requirements that are exact, complete, coherent and that can be validated. For example, the first rule consists of establishing a hierarchy of requirements. The method also relies on the use of supporting tools, such as "GenSpec" developed at Hydro-Québec.

### Sommaire

Faisant le lien entre le client et le fournisseur, l'ingénierie des exigences est une activité très importante du processus de fourniture et d'acquisition. Or, elle est souvent négligée, l'accent étant mis sur la réalisation. De ce fait, plusieurs besoins du client ne sont jamais compris par le fournisseur ou ne le sont qu'après la livraison. Il en découle des problèmes majeurs de coûts et de qualité de produit / service. Pour résoudre ces problèmes, Hydro-Québec a développé une méthode simple et systématique en 2001. Rigoureusement basée sur des normes internationales, cette méthode repose principalement sur six règles simples visant (1) à diminuer le coût de l'ingénierie des exigences, (2) à faciliter la compréhension des exigences et (3) à spécifier des exigences correctes, à savoir exactes, complètes, cohérentes et validables. À titre d'exemple, la première règle est de structurer les exigences de façon hiérarchique. Cette méthode repose aussi, mais optionnellement, sur l'utilisation d'un outil de support, tel "GenSpec" développé à Hydro-Québec.

- a) spécifiées de façon à être compréhensibles autant par le client que par le fournisseur,
- c) Exigences structurées: les exigences doivent être structurées de façon à faciliter leur compréhension et modification, et éviter leur répétition ou contradiction,
- d) Exigences simples: les exigences doivent être simples, claires et concises,
- e) Exigences identifiables: chacune des exigences doit être identifiable par un code ou un numéro de référence unique,
- f) Exigences retraçables: la source de chacune des exigences doit être identifiée,
- g) Exigences priorisées: chacune des exigences doit être priorisée par rapport aux autres.

**2.4.2 Interfaces externes:** les exigences des interfaces externes doivent se limiter aux suivantes:

- a) Les exigences d'intrants / extrants externes du produit / service, se limitant à spécifier les données requises en entrée, les données requises en sortie, ainsi que leur but, provenance et destination,
- b) Les exigences de format des données échangées, intrants / extrants externes, incluant leur unité et précision,
- c) Les exigences de synchronisation de ces échanges.

**2.4.3 Fonctions:** les exigences fonctionnelles doivent se limiter aux relations requises entre les intrants externes et les extrants externes du produit / service.

## 2.5 Notions logicielles

Dans le domaine de la théorie du développement logiciel apparaît souvent une figure semblable à la Figure 1. Elle illustre le modèle en “V” du processus de développement logiciel [3]. En effet, ce processus commence par la SES, suivi des SEI, SEL, etc, et se termine par le CES. Ce dernier est lié à la SES, son objectif étant de valider la réponse aux exigences de la SES.

La réalisation des SEL doit se faire selon les mêmes notions de base applicables à la SES (2.4): les exigences logicielles, d’un sous-système logiciel, doivent être, elles aussi, des exigences de boîte noire [2]. Ainsi, d’un point de vue de l’ingénierie des exigences, les sous-systèmes sont vus comme des boîtes noires contenues dans la boîte noire système, tels qu’illustrés à la Figure 2.

## 3.0 Problèmes

Cette section présente les problèmes les plus souvent rencontrés en ingénierie des exigences:

### 3.1 Exigences coûteuses

L’ingénierie des exigences est une activité souvent coûteuse, pour les raisons suivantes:

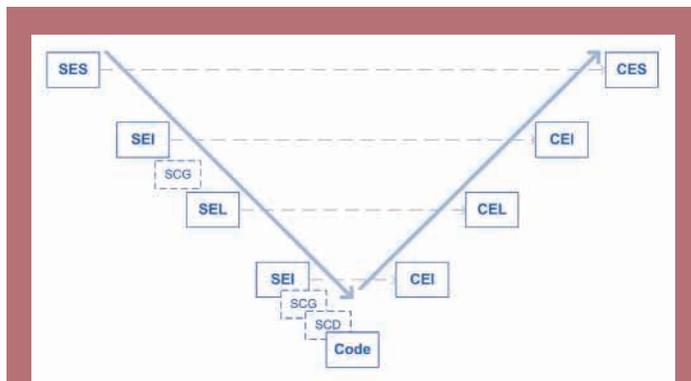
**3.1.1 Budget sous-évalué:** trop souvent le budget initial alloué à l’ingénierie des exigences est largement dépassé et le final, jugé trop élevé.

Note - Les Tableaux 1 et 2, présentés à la fin de cet article, relient les problèmes avec la solution.

**3.1.2 Exigences incluant moyens de réalisation:** les exigences ne font pas abstraction des moyens de réalisation. Lorsque survient un changement de ces moyens, l’ingénierie des exigences doit être recommencée. Cela occasionne des coûts supplémentaires importants, en particulier lors d’un changement de technologie.

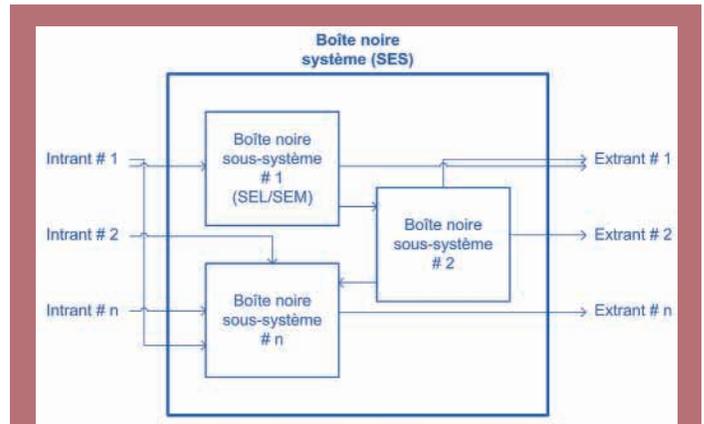
Exemple - En 1990, un système est développé et l’ingénierie des exigences ne fait pas abstraction des moyens de réalisation. En 2000, les technologies utilisées sont obsolètes. Pour pallier ce problème, un nouveau système répondant aux mêmes besoins est développé, nouvelles technologies, nouvelle architecture. L’ingénierie des exigences est alors recommencée, une charge de travail de plusieurs personnes-années; pourtant, les besoins n’ont pas changé, sauf exceptions.

**3.1.3 Exigences mal structurées:** les exigences ne sont pas bien structurées. Lorsque survient le moment de modifier une exigence, cela a des répercussions sur plusieurs autres exigences non clairement identifiées. Cela exige de revoir l’ensemble des exigences.



- SES - Spécification d’Exigences de Système
- SEI - Spécification d’Exigences d’Interface
- SCG - Spécification de Conception Générale
- SEL - Spécification d’Exigences de Logiciel
- SCD - Spécification de Conception Détaillée
- CEI - Cahier d’Essais d’Interface
- CEL - Cahier d’Essais de Logiciel
- CES - Cahier d’Essais de Système

Figure 1: Diagramme “V” logiciel



SEM - Spécification d’Exigences de Matériel

Figure 2: Boîtes noires imbriquées

**3.1.4 Exigences d’interfaces instables:** les exigences spécifiques aux interfaces externes varient continuellement. En effet, elles sont les plus instables, notamment celles variant le plus selon la technologie. Cela exige de revoir continuellement ces exigences.

**3.1.5 Formatage manuel non normalisé:** le format de présentation de chacune des exigences n’est pas automatique ou formellement normalisé. Lorsque survient une modification de format d’une exigence, il faut revoir le format des autres, afin d’assurer l’uniformité et faciliter la lecture.

**3.1.6 Exigences difficiles à comprendre ou incorrectes:** les exigences sont difficiles à comprendre ou incorrectes du point de vue du client ou du fournisseur. Cela exige de revoir les exigences à plusieurs reprises, constituant en effet une autre raison pour laquelle l’ingénierie des exigences est une activité souvent coûteuse.

### 3.2 Exigences difficiles à comprendre

Les exigences sont souvent difficiles à comprendre, pour les raisons suivantes:

#### 3.2.1 Exigences mal structurées:

- a) Mal regroupées: certaines exigences semblent regroupées de façon arbitraire,
- b) Non graduelles: plusieurs exigences ne sont pas présentées de façon graduelle, de la vue d’ensemble à la vue détaillée,
- c) Cachées: plusieurs exigences sont “cachées” dans un même paragraphe, parmi d’autres informations complémentaires: elles ne sont pas clairement identifiées par un code, un numéro ou l’utilisation d’un verbe d’exigence tel “devoir”. Conséquemment, des exigences sont escamotées lors de la réalisation ou de la validation.

**3.2.2 Exigences ambiguës:** elles ont plusieurs interprétations possibles. Elles peuvent être claires pour le client mais ambiguës pour le fournisseur, ou inversement, le contexte du client étant différent de celui du fournisseur.

Exemple - “Le système doit permettre la télécommande.” Pour le client Hydro-Québec, dans le contexte d’un poste électrique, “télécommande” désigne une télécommande d’un appareil du poste effectuée de l’extérieur du poste. Pour le fournisseur, cela peut désigner en plus une télécommande de cet appareil effectuée de l’intérieur du poste.

**3.2.3 Exigences difficilement retraçables:** il est difficile voire impossible de trouver l’exigence source de laquelle elles découlent, en particulier lorsque cette exigence source est spécifiée dans un autre document.

### 3.3 Exigences incorrectes

Les exigences sont souvent incorrectes, pour les raisons suivantes:

**3.3.1 Exigences inexactes:** le produit / service n’a pas à répondre à ces exigences du point de vue du client et du fournisseur. Elles proviennent

généralement d'une incompréhension du besoin ou d'un problème de gestion des modifications d'exigences.

**3.3.2 Exigences incomplètes:** elles ne couvrent pas tous les intrants / 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".

**3.3.3 Exigences incohérentes:** elles se contredisent ou utilisent des mots différents pour traiter des mêmes sujets.

**3.3.4 Exigences invalidables:** il n'existe aucune procédure acceptable permettant de les valider. Elles utilisent souvent des intrants / extrants internes ou des mots imprécis tels que "habituel", "rapide" ou "convivial".

Exemple - L'exigence suivante "Le système doit faire la somme des puissances consommées." n'est pas validable si son extrant, cette somme, n'est pas disponible sur une interface externe tel un écran.

## 4.0 Solution

Cette section présente une solution développée à Hydro-Québec:

### 4.1 Base de développement

Pour résoudre ces problèmes, Hydro-Québec a développé une solution en 2001, notamment à partir de:

- Normes internationales [1,2,4,5,6],
- Théories sur le développement de système [7],
- Documents de la NASA [8,9] et de la Défense des États-Unis d'Amérique [10,11],
- Guides de rédaction de lois [12], les exigences étant souvent contractuelles, assujetties à une interprétation légale.

En particulier, la norme 12207 de ISO/CEI/IEEE [5], un document de très haute qualité, a été utilisée comme "modèle" de document d'exigences.

### 4.2 Allocation d'un budget suffisant

La solution consiste d'abord à s'assurer de l'allocation d'un budget suffisant à l'ingénierie des exigences, respectant la théorie: dans le cas d'un développement logiciel, le budget alloué à l'ingénierie des exigences représente généralement 20% du budget total de développement, excluant la maintenance [7].

### 4.3 Adoption d'une méthode simple et systématique

La solution consiste ensuite à adopter une méthode simple et systématique. Outre les notions de base (Section 2.4), cette méthode consiste à suivre les règles suivantes:

#### 4.3.1 Structurer les exigences de façon hiérarchique:

- Spécifier l'ensemble des exigences sous la forme d'un arbre hiérarchique: les exigences "enfant" sous les exigences "parent", les unes découlant des autres,
- Spécifier les exigences parent de façon à ce que chacune d'elles soit la synthèse de ses enfants. Cela aide à présenter les exigences de façon graduelle, systématiquement de la vue d'ensemble à la vue détaillée,
- Ordonner les exigences de façon à ce que les informations nécessaires à leur compréhension soient contenues dans l'exigence ou dans celles qui la précèdent.

Exemple - "Exigence 1 - TDT doit permettre de produire un document. Exigence 1.1 - TDT doit permettre d'imprimer le document. Exigence 1.1.1 - TDT doit offrir les choix suivants: a) Imprimer par une imprimante; b) Imprimer dans un fichier". Pour des exemples complets, voir les spécifications de la NASA [9] ou de la Défense des États-Unis d'Amérique [11] accessibles par Internet.

#### 4.3.2 Limiter chacune des exigences à un paragraphe:

- Utiliser un seul paragraphe par exigence, si l'exigence peut être spécifiée dans un seul paragraphe simple, clair et concis,
- Sinon, diviser l'exigence en plusieurs exigences "validables", d'un seul paragraphe, si elle peut être ainsi divisée,
- Sinon, référer à une annexe décrivant l'exigence.

Exemple - Voir la norme 12207 de ISO/CEI/IEEE [5].

Note - (1) La rédaction anglaise traditionnelle voulait même que l'exigence se compose d'une seule phrase [12]. (2) En plus d'être basées sur des normes internationales, les deux premières règles sont recommandées par une conférence de la NASA [8] et un article de la Défense des États-Unis d'Amérique [10].

**4.3.3 Référencer aux exigences sources:** lorsqu'une exigence découle directement d'une autre spécifiée dans un autre document, y référer. Référencer non seulement au document mais aussi au paragraphe spécifiant l'exigence. Cet autre document peut être une spécification, un courriel, un compte-rendu de réunion, etc.

**4.3.4 Utiliser des renvois plutôt que la redondance:** utiliser des renvois plutôt que la redondance d'informations si cette redondance est faite manuellement. Cela réduit le risque d'incohérences. En effet, une incohérence est souvent introduite dans un texte lors d'une modification d'une information redondante: la modification n'est pas effectuée partout où l'information apparaît.

**4.3.5 Relier les exigences:** par des renvois, relier les exigences ayant des liens logiques, les exigences devant potentiellement être modifiées si l'une d'elles est modifiée. Cela exclut les liens parent-enfant, puisqu'ils sont déjà présents dans la structure des exigences (voir 4.3.1). Dans tous les cas, spécifier la raison du renvoi. Cependant, dans tous les cas, faire un usage parcimonieux des renvois: les renvois internes multiples sont inutiles dans un texte de structure logique [12]; au besoin, restructurer.

Ainsi structurées, les exigences peuvent être vues comme un simple empilement de briques interreliées, tel qu'illustré à la Figure 3. Assurément, cela facilite l'ajout, le retrait et la modification d'exigences. De surcroît, cela réduit le risque d'incohérences.

**4.3.6 Respecter les règles de rédaction:** respecter les règles fondamentales de rédaction technique [4], principalement les suivantes:

- Utiliser le langage courant et n'utiliser des mots techniques que si la précision l'exige,
- Faire des phrases simples, claires et concises,
- Uniformiser les exigences: rédiger de façon analogue des exigences analogues et de façon identique des exigences identiques.

Cela implique notamment de (1) ne pas utiliser de synonymes, même pour les mots de liaison; et (2) utiliser systématiquement le même verbe pour spécifier une exigence, tel "devoir".

### 4.4 Utilisation d'un outil de support

La méthode consiste aussi, mais optionnellement, à utiliser un outil de support. En effet, la méthode ci-dessus décrite est simple. Cependant, son application peut être ardue sans le support d'un outil logiciel autre qu'un simple traitement de texte: il est généralement ardu de structurer les exigences avec un logiciel de traitement de texte, de les uniformiser et, en particulier, d'utiliser des renvois. Il convient alors d'utiliser un outil de support, commercial ou maison.

Il existe plusieurs outils commerciaux de support à l'ingénierie des exigences: System Architect, IRqA, Rational RequisitePro, etc. Ces outils

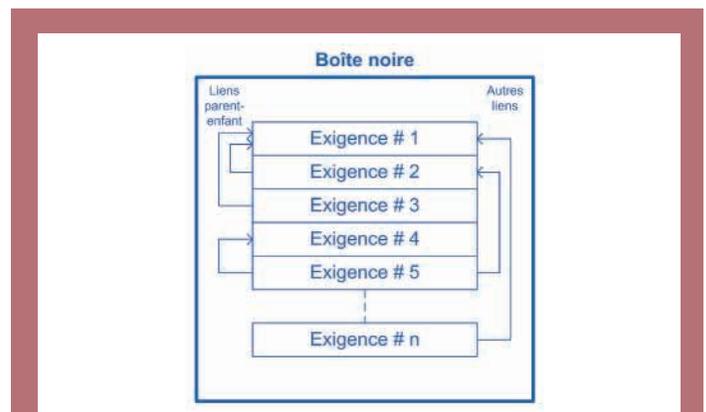


Figure 3: Exigences interreliées

sont puissants. Ils offrent notamment des facilités de traçabilité des exigences, de conception et même de génération de code logiciel. Par contre, de façon générale:

- a) Ils sont complexes: ils exigent tous une formation de plusieurs jours, voire plusieurs semaines. Ils exigent, de surcroît, plusieurs mois de pratique pour les maîtriser,
- b) Ils offrent peu de flexibilité quant au format des documents générés: ils ne respectent pas le gabarit et même la langue des documents de l'entreprise,
- c) Ils ne sont pas axés sur la méthode présentée dans cet article: il est ardu de structurer les exigences, de les uniformiser et d'utiliser des renvois.

Hydro-Québec a développé son propre outil d'ingénierie des exigences: GenSpec. Ce dernier n'offre aucune facilité de conception ni de génération de code logiciel. Par contre, il est simple, offre beaucoup de flexibilité quant au format des documents générés et est spécifiquement axé sur la méthode présentée dans cet article.

## 5.0 Optimisation

Cette section présente une optimisation de la solution:

### 5.1 Amélioration selon les normes IEEE

La méthode peut être améliorée en y ajoutant les règles suivantes, basées sur des recommandations tirées spécifiquement des normes 1233 [1] ou 830 [2] de IEEE:

**5.1.1 Spécifier les interfaces avant les fonctions:** spécifier les exigences des interfaces externes avant les exigences fonctionnelles, pour les raisons suivantes: (1) il est naturel de présenter l'extérieur du produit / service (interfaces externes) avant d'entrer à l'intérieur (fonctions) et (2) les exigences des interfaces externes remplissent aussi le rôle de glossaire, définissant des termes, les intrants / extrants, qui n'auront pas à être redéfinis aux exigences fonctionnelles. Faire attention à spécifier ces exigences de façon graduelle, comme lors d'une présentation du produit / service pour la première fois.

**5.1.2 Relier les fonctions avec les interfaces:** par des renvois, relier les exigences fonctionnelles aux exigences d'intrants / extrants concernés, et inversement. Cela aide (1) à couvrir toutes les exigences des interfaces externes et toutes les exigences fonctionnelles, et (2) à spécifier des exigences fonctionnelles validables, faisant abstraction des moyens de réalisation, étant reliées à des intrants / extrants externes, telles qu'illustrées à la Figure 4.

Note - (1) Tout extrant à une interface externe peut être affecté par plusieurs exigences fonctionnelles et (2) tout extrant à une interface externe peut être utilisé comme intrant à une exigence fonctionnelle.

**5.1.3 Placer judicieusement les exigences:** lorsqu'une exigence peut être placée dans deux sections distinctes, section "sujet # 1" ou section "sujet # 2", parce qu'elle traite à la fois du sujet # 1 et du sujet # 2, la placer dans la section ayant la plus grande probabilité d'être supprimée; cela réduit le risque d'incohérences advenant la suppression de cette section.

Exemple - L'exigence suivante "Si le système bascule en état Maintenance, il doit cesser la simulation" peut être placée dans deux sections distinctes, parce qu'elle traite à la fois de la maintenance et de la simulation: (1) dans une section "Maintenance" ou (2) dans une section "Simulation". Si la probabilité de supprimer la section "Simulation" est plus élevée, cette exigence devrait être plutôt placée dans "Simulation". Ainsi, advenant la suppression de "Simulation", il n'est pas requis de modifier la section "Maintenance".

Dans le cas contraire, c'est-à-dire si cette exigence était plutôt placée dans la section "Maintenance", il y aurait risque d'incohérences: oublier de retirer cette exigence de "Maintenance" advenant la suppression de "Simulation".

### 5.2 Optimisation selon d'autres normes ou guides

La méthode peut être optimisée en y ajoutant les règles suivantes, basées sur des recommandations tirées d'autres normes ou guides:

**5.2.1 Ajouter des exigences de validation:** ajouter des exigences facilitant la validation [6], tout en faisant abstraction des moyens de réalisation. Cela facilite, de surcroît, la simplification des exigences. En effet, lorsqu'une exigence est complexe, il suffit de (1) la séparer en

deux exigences simples dont l'une utilise l'extrait de l'autre, et (2) ajouter une exigence de cet extrait sur une interface externe, pour faire, de toutes ces exigences, des exigences validables. Ainsi, cette dernière exigence ajoutée facilite-t-elle non seulement la validation mais aussi la simplification de l'exigence complexe.

**5.2.2 Spécifier les interfaces dans des documents dédiés:** sauf s'il y a peu d'exigences, spécifier les exigences spécifiques aux interfaces externes, celles variant le plus selon la technologie, dans des documents dédiés. Cela facilite la modification des exigences.

**5.2.3 Spécifier distinctement les fonctionnements anormaux:** spécifier les exigences associées à un fonctionnement anormal dans une section distincte, pour les raisons suivantes: (1) une exigence ne traitant pas tous les cas est plus simple et (2) le lecteur, dans un premier temps, ne s'intéresse pas aux cas de fonctionnement anormal.

**5.2.4 Ajouter des notes d'informations complémentaires:** si nécessaire, ajouter une note à une exigence, une courte remarque ou une annotation apportant un commentaire ou un éclaircissement sur le texte. Cette note ne doit, par contre, contenir aucune exigence, sauf dans le cas d'une note de figure ou de tableau [4]. Dans tous les cas, faire un usage parcimonieux des notes.

**5.2.5 Ajouter des notes de simplification:** si, par souci de simplification, de clarté, une exigence ne tient pas compte d'un détail, utiliser une note pour indiquer le détail en question et renvoyer aux exigences traitant de ce détail.

Exemple - "Note - Les exigences suivantes sont spécifiées en considérant que le système est en mode Exploitation. Dans le cas contraire, voir réf. interne ci-après identifiée."

**5.2.6 Lister les événements en annexe:** si le produit / service peut signaler une grande variété d'événements, les lister en annexe et y spécifier, pour chacun d'eux, les conditions déclenchant leur apparition / disparition; aux exigences des interfaces externes et aux exigences fonctionnelles, référer à cette annexe.

**5.2.7 Limiter les énumérations:** limiter à dix la quantité d'éléments de toute énumération, y compris la quantité de sections ou de paragraphes d'un document ou d'une section; au besoin, restructurer.

**5.2.8 Indiquer les exigences non applicables:** si une exigence normalement applicable au produit / service (ex: selon une norme) est non applicable, conserver son code, numéro de référence ou titre et indiquer "Non applicable", assurant au lecteur que cette exigence n'a pas été oubliée. Sous une exigence non applicable, omettre les exigences qui, normalement, en découlent.

## 6.0 Conclusion

Plusieurs problèmes importants sont rencontrés en ingénierie des exigences: plus d'une douzaine identifiée à 3.0. Compte tenu de l'importance de cette activité, de ses impacts majeurs sur les coûts et la qualité des produits / services, il est hautement souhaitable qu'ils soient résolus.

La méthode présentée dans cet article apporte une solution simple et systématique à tous ces problèmes, tel que montré par le Tableau 1.

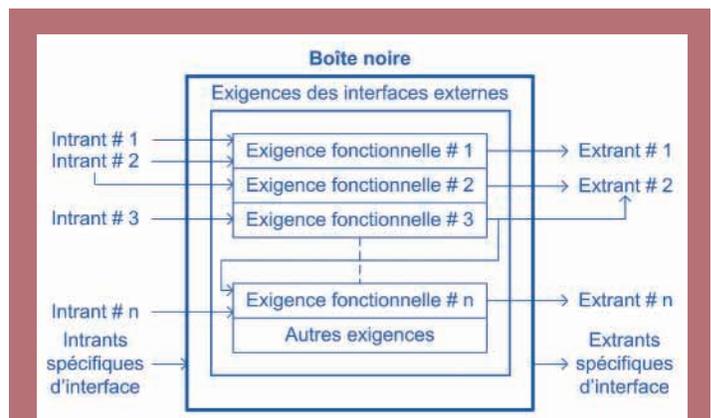


Figure 4: Exigences validables

Assurément, elle impose la rigueur nécessaire à cette ingénierie et augmente la qualité des documents d'exigences.

Pour ces raisons, depuis 2002, il est formellement convenu à la direction Expertise d'Hydro-Québec Équipement d'utiliser cette méthode pour l'ingénierie des exigences de tous ses automatismes. De surcroît, il est en voie d'y être convenu d'utiliser cette méthode pour l'ingénierie des exigences contenues dans toutes ses spécifications normalisées et dans tous ses devis d'équipement le moins possible d'envergure.

## 7.0 Références

- [1]. IEEE Std 1233-1998, IEEE Guide for Developing System Requirements Specifications, 1998.
- [2]. IEEE Std 830-1998, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications (SRS), 1998.
- [3]. Strategies for software engineering, The management of risk and quality, Wiley Professional Computing, Martyn A. Ould, 1990.
- [4]. Directives ISO/CEI, Partie 2, Règles de structure et de rédaction des Normes internationales, 2001. (<http://www.iec.ch/tiss/iec/Directives-Partie2-Ed4.pdf>)
- [5]. ISO/CEI/IEEE 12207, Traitement de l'information, Ingénierie du logiciel, Processus du cycle de vie du logiciel, 1995.
- [6]. ISO 9000-3 (F), Lignes directrices pour l'application de l'ISO 9001: 1994 au développement, à la mise à disposition, à l'installation et à la maintenance du logiciel, 1997.
- [7]. Cours d'ingénierie des systèmes d'information, Université du Littoral, 2004. (<http://lil.univ-littoral.fr/~toffolon/isi1.ppt>).
- [8]. Writing Effective Requirements Specifications, NASA, 1997. ([http://satc.gsfc.nasa.gov/support/STC\\_APR97/write/writert.html](http://satc.gsfc.nasa.gov/support/STC_APR97/write/writert.html))
- [9]. Wide - Field Infrared Explorer (WIRE), Command & Data Handling, Flight SRS, Draft, NASA, 1996. (<http://sunland.gsfc.nasa.gov/smex/wire/mission/cdhs/wirrtop.htm>)
- [10]. Writing Effective Natural Language Requirements Specifications, Crosstalk, The journal of Defense Software Engineering, 1999. (<http://www.stsc.hill.af.mil/crosstalk/1999/02/wilson.pdf>)
- [11]. SRS Toolkit Functional Area of the DII COE, Draft, Defense Information System Agency (DISA), 1997. ([http://www.paralaxresearch.com/dataclips/pub/military/disa.mil/publications/dii\\_coe/DISA\\_DII\\_COE\\_toolkit3.pdf](http://www.paralaxresearch.com/dataclips/pub/military/disa.mil/publications/dii_coe/DISA_DII_COE_toolkit3.pdf))
- [12]. Protocole de rédaction uniforme, Conférence pour l'harmonisation des lois au Canada, 2002. (<http://www.ulcc.ca/fr/us/index.cfm?sec=5>)

## 8.0 Remerciements

Guy Côté, Christian Gazil, Marc Lacroix, André Lemire, Van Thich Nguyen, Louis Noël, Michel Ouellet, Benoît Podesto, Harold Ratté, Pierre-N. Robillard, Claude Serieys, Alain Sicard, Michel Simard, Michel Vincelette.

### À propos de l'auteur

**René Bujold** est ingénieur à la direction Expertise d'Hydro-Québec Équipement. Depuis l'obtention de son diplôme, en 1988, il a oeuvré dans tous les aspects du développement de système: étude, ingénierie des exigences, conception matérielle et logicielle, implémentation, validation, etc. Graduellement, il a concentré ses efforts dans l'activité fondamentale et la plus problématique du processus de développement: l'ingénierie des exigences. Il est à l'origine et le responsable du développement de la méthode présentée dans cet article



Tableau 1: Problème / Solution

Problème	Solution
3.1.1	4.2
3.1.2	2.4.1a); 5.1.2
3.1.3	4.3.1; 4.3.5; 5.1.2; 5.1.3
3.1.4	5.2.2
3.1.5	4.4
3.1.6	4.3.1; 4.3.2; 4.3.3; 4.3.4; 4.3.5; 4.3.6; 5.1.1; 5.1.2; 5.1.3; 5.2.1; 5.2.3; 5.2.4; 5.2.5; 5.2.6; 5.2.7; 5.2.8
3.2.1	4.3.1; 4.3.2; 5.1.1; 5.2.1; 5.2.3; 5.2.4; 5.2.5; 5.2.6; 5.2.7; 5.2.8
3.2.2	4.3.6
3.2.3	4.3.1; 4.3.3
3.3.1	4.3.3
3.3.2	4.3.3; 5.1.2; 5.2.1
3.3.3	4.3.4; 4.3.5; 4.3.6; 5.1.3
3.3.4	4.3.6; 5.1.2

Tableau 2: Solution / Problème

Solution	Problème
2.4.1a)	3.1.2
4.2	5.1.1
4.3.1	3.1.3 ; 3.1.6; 3.2.1; 3.2.3
4.3.2	3.1.6; 3.2.1
4.3.3	3.1.6; 3.2.3; 3.3.1; 3.3.2
4.3.4.	3.1.6; 3.3.3
4.3.5	3.1.3; 3.1.6; 3.3.3
4.3.6	3.1.6; 3.2.2; 3.3.3; 3.3.4
4.4	3.1.5
5.1.1	3.1.6 ; 3.2.1
5.1.2	3.1.2; 3.1.3; 3.1.6; 3.3.2; 3.3.4
5.1.3	3.1.3 ; 3.1.6; 3.3.3
5.2.1	3.1.6; 3.2.1; 3.3.2
5.2.2	3.1.4
5.2.3	3.1.6; 3.2.1
5.2.4	3.1.6; 3.2.1
5.2.5	3.1.6; 3.2.1
5.2.6	3.1.6; 3.2.1
5.2.7	3.1.6; 3.2.1
5.2.8	3.1.6; 3.2.1