

# Ingénierie des exigences - L'outil de support GenSpec

## 1.0 Introduction

**C**et article<sup>1</sup> présente GenSpec, l'outil de support à l'ingénierie des exigences développé à Hydro-Québec: le domaine de l'ingénierie des exigences; les problèmes les plus souvent rencontrés dans ce domaine; une solution à ces problèmes, GenSpec; et ses avantages.

L'article s'adresse à toute personne concernée par la définition des exigences d'un produit ou 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 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 besoins ou exigences brutes spécifiés par le client. Ses extrants sont les documents d'exigences: norme, appel d'offres, contrat, devis, cahier des charges, spécification, etc.

### 2.2 Contenu

L'ingénierie des exigences inclut:

- la collecte, l'analyse, la filtration, la complémentation, la caractérisation, la structuration, la liaison et la documentation des exigences;
- la négociation des exigences avec le client et le fournisseur;
- l'implantation et le suivi de la traçabilité des exigences;
- 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 ou peu avant la livraison. Il en découle les problèmes majeurs suivants:

- Augmentation des coûts et délais de réalisation: la compréhension d'un besoin après ou peu avant la livraison implique souvent de recommencer la réalisation, au moins en partie.
- Diminution de la qualité: l'incompréhension d'un besoin implique que le produit ne répondra pas à ce besoin; et la compréhension d'un besoin après ou peu avant la livraison implique souvent que le produit 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 et d'acceptation par le client; base de documentation.

## 3.0 Problèmes les plus souvent rencontrés

### 3.1 Exigences coûteuses

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

**3.1.1 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.

par René Bujold, ing.  
Hydro-Québec, Montréal, QC

### 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 ou peu avant la livraison. Il en découle des problèmes majeurs de coûts et de qualité de produit (ou service). Pour résoudre ces problèmes, Hydro-Québec a développé un outil en 2001: GenSpec. Ce dernier permet l'entrée des exigences dans une base de données, quelques vérifications automatiques de ces exigences et la génération de documents d'exigences. Rigoureusement basé sur des normes internationales GenSpec vise à (1) réduire le coût de l'ingénierie des exigences, (2) faciliter la compréhension des exigences et (3) spécifier des exigences correctes, i.e. exactes, complètes, cohérentes et validables. Une version gratuite et complète de l'outil est disponible sur demande.

### Abstract

Making the link between the client and the provider, requirements engineering is an important part of the procurement process. However, it is often neglected, the focus being on realization. Hence, many client needs are never understood by the provider, or they are only after or shortly before release. This results in major cost and product (or service) quality problems. To resolve this, Hydro-Québec has developed a tool in 2001: GenSpec. It allows the input of requirements in a database, a few automated verifications of those requirements and the generation of requirements documents. Rigorously based on international standards, GenSpec attempts to (1) reduce the cost of requirements engineering, (2) facilitate the understanding of requirements, and (3) specify requirements that are correct, i.e. accurate, complete, coherent and verifiable. A free version of this tool is available on demand.

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.

Le Tableau 1 relie les problèmes avec la solution GenSpec.

Problème	Solution
3.1.1	5.1f) [5.4b)]
3.1.2	5.1b) ; 5.1d) ; 5.1f) [5.2a)]
3.1.3	5.1a) ; 5.1c)
3.1.4	Solutions aux problèmes 3.2.1 à 3.3.4
3.2.1	5.2a)
3.2.2	5.2b) ; 5.2c) ; 5.2d)
3.2.3	5.2a) ; 5.2b)
3.3.1	5.3a) ; 5.3b) ; 5.3c) ; 5.3d) ; 5.3e) ; 5.3g) ; 5.3h) [5.2b)]
3.3.2	5.3a) ; 5.3b) ; 5.3c) ; 5.3d) ; 5.3e) ; 5.3g) ; 5.3h) [5.4a); 5.4d)]
3.3.3	5.3c) ; 5.3f) ; 5.3h) [5.1c)]
3.3.4	5.3e) ; 5.3h) [5.4b)]

Tableau 1: Liens problème-solution

<sup>1</sup> L'article fait suite à un autre publié à l'automne 2004 dans la Revue canadienne de l'IEEE [1].

**3.1.2 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.

**3.1.3 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 ainsi faciliter la lecture.

**3.1.4 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:

- Mal regroupées: certaines exigences semblent regroupées de façon arbitraire.
- Non graduelles: plusieurs exigences ne sont pas présentées de façon graduelle, de la vue d'ensemble à la vue détaillée.
- Cachées: plusieurs exigences sont « cachées » dans un même paragraphe, parmi d'autres informations complémentaires. En effet, 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 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.

**3.3.2 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 ».

**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. Ces exigences utilisent souvent des intrants ou des 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: l'outil GenSpec

### 4.1 Description générale

Pour résoudre ces problèmes, Hydro-Québec a développé un outil en 2001: GenSpec. Ce dernier permet l'entrée des exigences dans une base de données, quelques vérifications automatiques de ces exigences et la génération de documents d'exigences. La Figure 1 présente son interface personne-machine: à droite apparaît l'arbre d'exigences; à gauche, le formulaire d'entrée de l'exigence sélectionnée.

GenSpec a été développé notamment à partir de normes internationales [2][3][4][5] et de documents de la NASA [6][7] et de la Défense des États-Unis d'Amérique [8]:

- exigences hiérarchisées,
- une seule exigence par paragraphe,
- un numéro de référence unique par exigence,
- etc.

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.

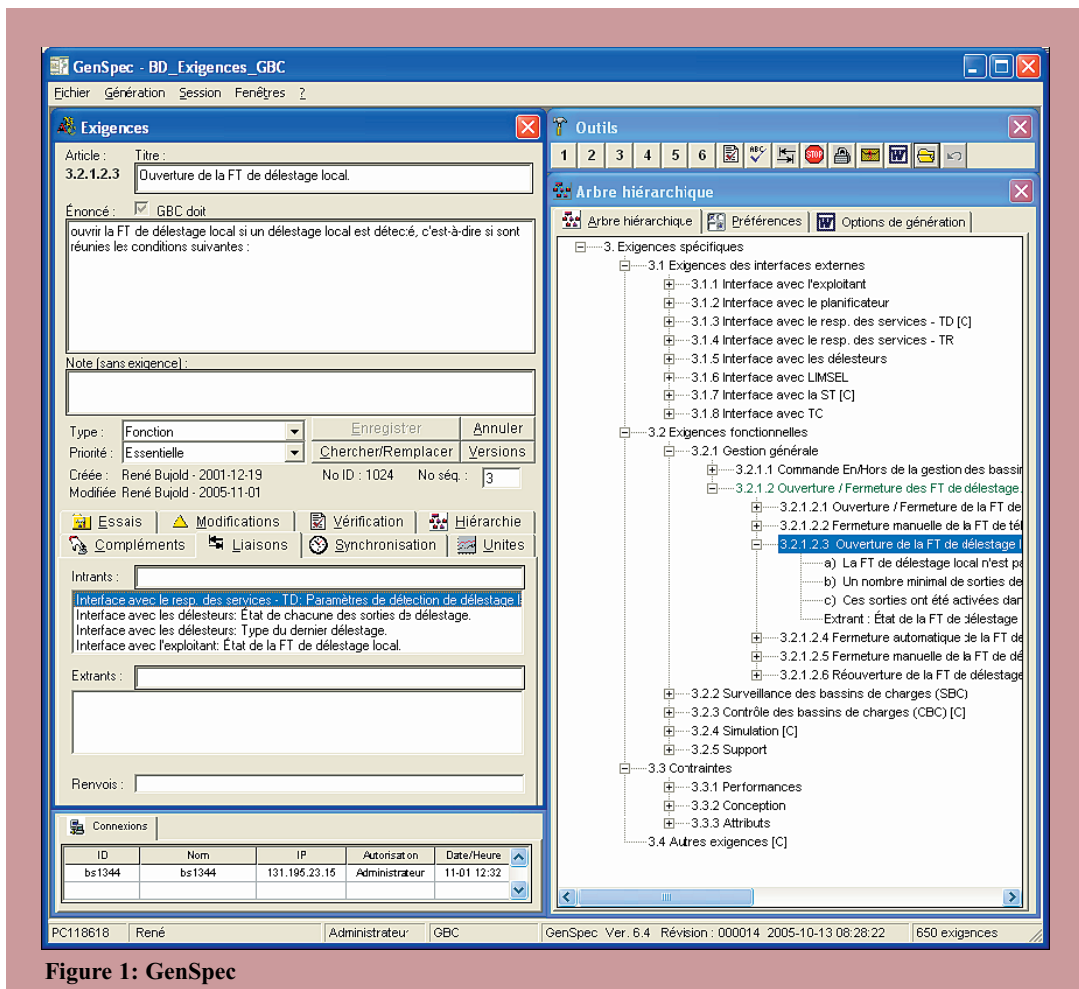


Figure 1: GenSpec

## 4.2 Fonctions principales

**4.2.1 Définition des exigences:** cette fonction permet à plusieurs utilisateurs en même temps (multi-utilisateur) d'entrer ou de modifier des exigences; elle supporte notamment les commandes Chercher et Remplacer (voir Figure 2).

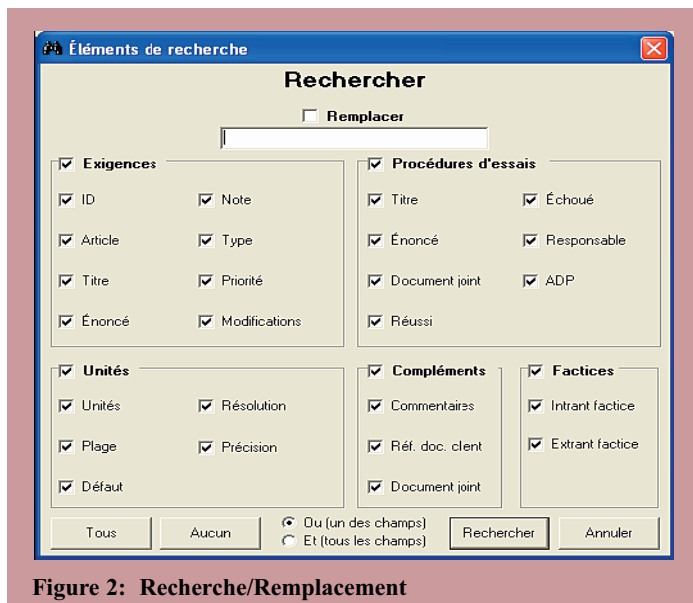


Figure 2: Recherche/Remplacement

De plus, elle permet de générer les documents d'exigences: spécification, arbre d'exigences, etc. (voir Figure 3).

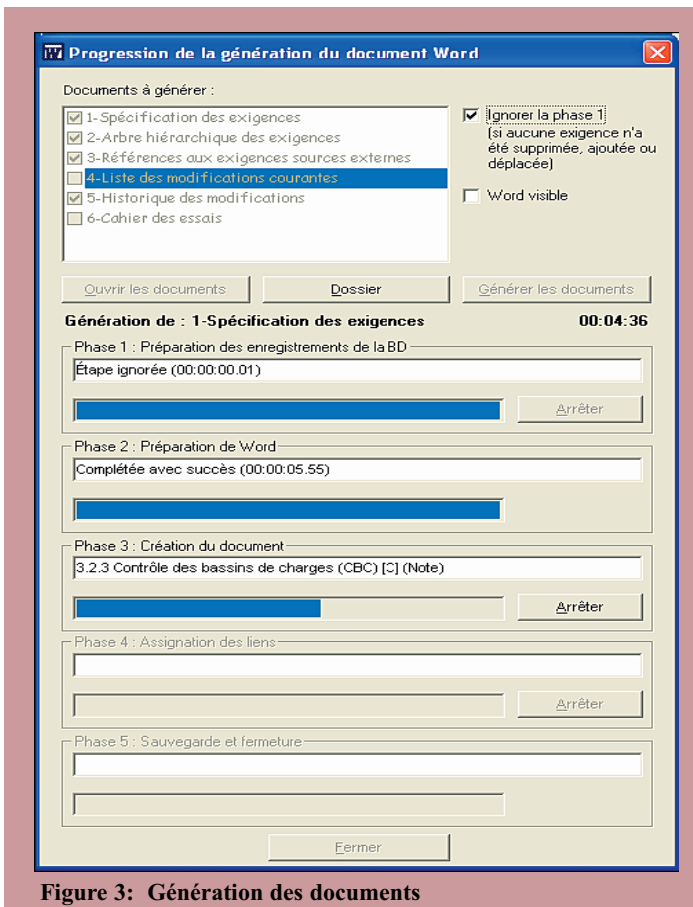


Figure 3: Génération des documents

**4.2.2 Caractérisation des exigences:** par exigence, cette fonction génère un numéro de référence unique et permet d'entrer l'identification de la source (référence à un paragraphe d'un autre document), la priorité, une note, un commentaire et un fichier joint, tous pouvant être générés dans le document d'exigences. À la demande, les exigences commentées apparaissent en vert dans l'arbre d'exigences.

**4.2.3 Structuration et liaison des exigences:** cette fonction permet de structurer et de lier les exigences (renvois) par de simples commandes clic et glisse. De plus, elle offre des facilités de navigation telle une commande d'aller-retour rapide entre l'origine et la destination d'un lien. À la demande, les exigences reliées apparaissent en bleu dans l'arbre d'exigences.

**4.2.4 Évaluation de conformité aux exigences:** par exigence, cette fonction permet d'entrer des procédures d'évaluation de conformité, et le résultat de cette évaluation. De plus, elle permet de générer un rapport d'évaluation contenant les exigences, leurs procédures d'évaluation et les résultats de cette évaluation.

## 4.3 Fonctions secondaires

**4.3.1 Contrôle et analyse des exigences:** cette fonction empêche d'introduire des incohérences de hiérarchie ou de liaison d'exigences - règles de hiérarchie et de liaison paramétrables - et, en particulier, de supprimer une exigence à laquelle d'autres renvoient. De plus, elle offre un vérificateur d'exigences (voir Figure 4), y compris un vérificateur d'orthographe et de grammaire. De surcroît, elle permet de générer un tableau Sources Vs Exigences, facilitant la vérification de l'exactitude des exigences. À la demande, les exigences en erreur apparaissent en rouge dans l'arbre d'exigences.

**4.3.2 Normalisation des exigences:** cette fonction permet de générer automatiquement des textes de début d'exigence selon le type d'exigence - texte et type paramétrables. De plus, elle permet de définir et d'utiliser des variables dans les textes d'exigences.

**4.3.3 Configuration des documents d'exigences:** cette fonction offre une grande quantité d'options de formatage des documents générés; elle permet notamment d'en exclure des exigences et d'en inclure d'autres avec la mention « Non applicable ».

**4.3.4 Gestion de l'historique des exigences:** cette fonction permet d'entrer et de visualiser la raison de modification d'une exigence par rapport à la version antérieure, et d'enregistrer une version formelle de l'ensemble des exigences. De plus, elle permet de comparer la version actuelle avec une version antérieure, et de ramener une ou toutes les exigences telles qu'elles étaient à une version antérieure. Enfin, elle permet de générer un tableau Historique des modifications d'exigence. En complément, elle permet d'enregistrer de simples copies de sécurité des exigences.

## 5.0 Avantages

Cette section présente les avantages de GenSpec par rapport à un logiciel de traitement de texte:

### 5.1 Réduction des coûts

GenSpec réduit les coûts de l'ingénierie des exigences:

- Concentre les efforts sur les exigences plutôt que sur le formatage, les documents étant générés automatiquement.
- Permet de structurer facilement les exigences.
- Permet de générer automatiquement des textes de début d'exigence, aidant, de surcroît, à la normalisation.
- Facilite la liaison des exigences.
- Génère automatiquement le rapport d'évaluation.
- Facilite la lecture (5.2), réduit la quantité d'erreurs (5.3) et respecte des normes internationales (5.4).

### 5.2 Facilitation de la lecture

GenSpec facilite la lecture des exigences:

- Orienté à bien structurer les exigences, un paragraphe par exigence, graduellement, de la vue d'ensemble à la vue détaillée, basé sur une notion d'arbre d'exigences: exigences parents sous lesquelles se retrouvent des exigences enfants, les exigences parents étant la synthèse (vue d'ensemble) de leurs enfants.
- Permet de lier chacune des exigences aux besoins du client ou exigences sources.
- Offre une grande quantité d'options de formatage des documents générés.
- Uniformise les documents d'exigences, parce que générés automatiquement.

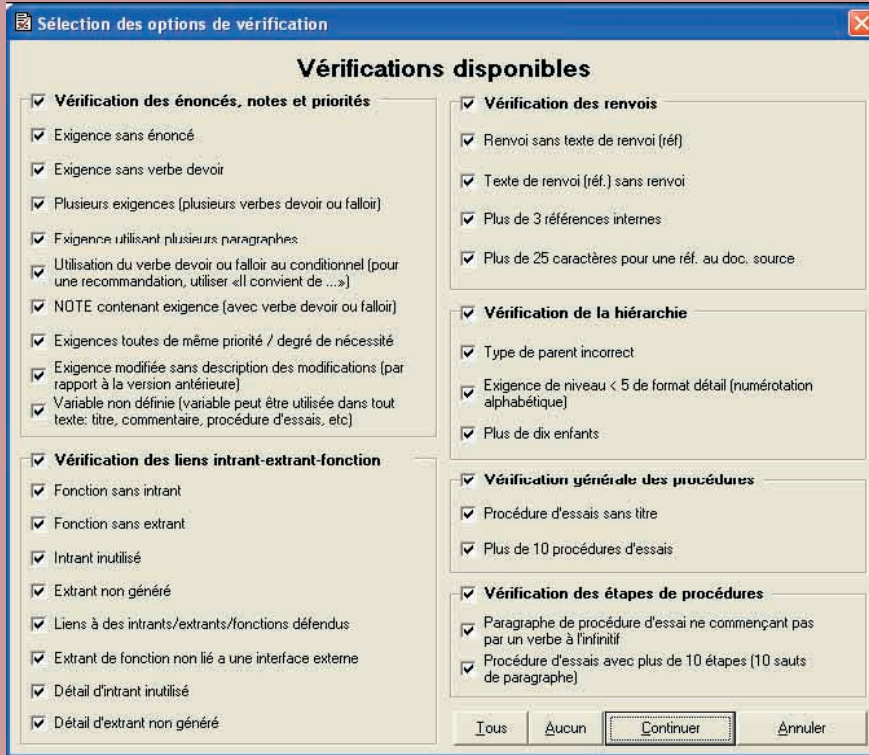


Figure 4: Vérification des exigences

- e. Réduit la quantité d'erreurs (5.3) et respecte des normes internationales (5.4).

### 5.3 Réduction de la quantité d'erreurs

GenSpec réduit la quantité d'erreurs d'exigences:

- a. Génère un tableau de vérification: Sources Vs Exigences.
- b. Facilite la couverture de l'ensemble des exigences: définition de tous les intrants et extrants sur les interfaces externes et liaison de chacun d'eux aux fonctions, et inversement.
- c. Empêche d'introduire des incohérences de hiérarchie ou de liaison d'exigences.
- d. Simplifie les corrections et mises à jour des exigences et des procédures d'évaluation, ces procédures étant définies avec les exigences.
- e. Offre un vérificateur d'exigences (voir Figure 4).
- f. Permet d'utiliser des variables dans les textes d'exigences.
- g. Gère un historique des modifications d'exigence.
- h. Facilite la lecture (5.2) et respecte des normes internationales (5.4).

### 5.4 Respect des normes internationales

GenSpec respecte des normes internationales, dont les normes pertinentes de IEEE [2][3] et de ISO/CEI [4]:

- a. Fixe un numéro de référence unique par exigence.
- b. Oriente à énoncer des exigences validables, faisant abstraction des moyens de réalisation, les intrants et extrants d'exigences ne pouvant être que ceux des interfaces externes.
- c. Facilite la modification des exigences, étant bien structurées et les liens entre exigences étant clairement définis: liens parent-enfant, liens intrant-extrant-fonction et autres liens (renvois).
- d. Définit la priorité de chacune des exigences.

### 6.0 Conclusion

Plusieurs problèmes importants sont rencontrés en ingénierie des exigences: près 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 (ou services), il est hautement souhaitable que ces problèmes soient résolus.

GenSpec apporte une solution, tel que montré par le Tableau 1. Assurément, il 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 cet outil pour l'ingénierie des exigences de tous ses automatismes.

GenSpec est par ailleurs toujours en cours d'évolution. Pour les intéressés, il n'est pas prévu de le commercialiser, même à long terme. Cependant, une version gratuite et complète, mais non supportée, de l'outil est disponible sur demande. À cet égard, plusieurs se sont déjà montrés intéressés: Universités (Paris, Ottawa, etc), Centres de recherche (CNRS, ONERA, etc), Entreprises publiques ou privées (Ministère de la Défense de la République Française, Desjardins, etc) et Associations professionnelles (IEEE Internationale, AFIS, etc).

### 7.0 References

- [1] Ingénierie des exigences, Une méthode simple et systématique, Revue canadienne de l'IEEE, Automne 2004.
- [2] IEEE Std 1233-1998, IEEE Guide for developing System Requirements Specifications, 1998.
- [3] IEEE Std 830-1998, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications, 1998.
- [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] Writing Effective Requirements Specifications, NASA, 1997. ([http://satc.gsfc.nasa.gov/support/STC\\_APR97/write/writert.htm](http://satc.gsfc.nasa.gov/support/STC_APR97/write/writert.htm))
- [7] Wide - Field Infrared Explorer (WIRE), Command & Data Handling, Flight SRS, Draft, NASA, 1996. (<http://sunland.gsfc.nasa.gov/smem/wire/mission/cdhs/wirrtqtop.htm>)
- [8] Writing Effective Natural Language Requirements Specifications, Crosstalk, The journal of Defence Software Engineering, 1999. (<http://www.stsc.hill.af.mil/crosstalk/1999/02/wilson.pdf>)

### 8.0 Remerciements

André Lemire, Van Thich Nguyen, Michel Ouellet, Pierre-N. Robillard, Michel Vincelette.

#### À propos de l'auteur

René Bujold est ingénieur à la direction Expertise d'Hydro Québec Équipement. Diplômé de l'École de technologie supérieure en 1988, Membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec, il a œuvré dans tous les aspects du développement de système: étude d'avant-projet, ingénierie des exigences, conception matérielle et logicielle, implémentation, vérification et validation, etc. Au cours de ces années, il a développé un intérêt particulier pour 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 l'outil GenSpec.



bujold.rene@hydro.qc.ca