



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Fiche pratique

Réf. : **0270**

Date de publication :
17 mai 2014

Ingénierie des besoins et des exigences d'un système complexe

Cette fiche est issue de **Innovation | Management et ingénierie de l'innovation**

par **Alain FAISANDIER**

Mots-clés

besoin | exigence | partie prenante | ingénierie des exigences | ingénierie système

Extrait du sommaire :

[...]

0416 Démarche qualitative de validation de produit innovant

0269 Ingénierie des systèmes complexes

0270 Ingénierie des besoins et des exigences d'un système complexe

0271 Concevoir les architectures fonctionnelle et physique des systèmes complexes

[...]

Accédez aux fiches précédentes et suivantes en utilisant le sommaire en ligne ou en entrant le numéro de la fiche recherchée dans le moteur de recherche sur techniques-ingenieur.fr.

Pour toute question :

Service Relation clientèle
Techniques de l'Ingénieur
Immeuble Pleyad 1
39, boulevard Ornano
93288 Saint-Denis Cedex

Par mail :

infos.clients@teching.com

Par téléphone :

00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **07/10/2019**

Pour le compte : **7200040234 - imt atlantique nantes // 192.108.116.64**

© Techniques de l'Ingénieur | tous droits réservés

Ingénierie des besoins et des exigences d'un système complexe

par **Alain FAISANDIER**
Directeur, MAP système

Le développement d'un système (produit, service, organisation) commence par des activités primordiales : l'identification du problème ou de l'opportunité dans leur contexte, la définition des besoins, leur analyse et leur traduction en exigences techniques.

Du niveau de précision, de cohérence et d'exhaustivité de l'expression des besoins, puis des exigences techniques dépend l'atteinte des objectifs techniques de la solution, de son coût, de son délai d'obtention.

Les besoins des parties prenantes et les exigences techniques du système doivent exprimer le problème ou l'opportunité et leurs contraintes (et non des éléments de solutions) en des termes justes, clairs et non ambigus, afin d'être exploités par les acteurs du développement (concepteurs, intégrateurs, etc.) dont les points de vue et les moyens d'expression sont souvent différents.

Cette fiche vous aidera à :

- définir les besoins et les exigences d'un système à concevoir ;
- poser un problème afin d'élaborer une solution ;
- identifier une opportunité afin de créer un nouveau produit ou service, une nouvelle organisation ;
- exprimer les caractéristiques attendues du système.

En pratique

Les activités d'ingénierie des besoins et des exigences sont réparties en deux processus (normalisés ISO/IEC 15288) :

- **définition des besoins des parties prenantes** (étapes 1 à 3) ; le résultat du processus est de présenter le problème et d'en détailler ses caractéristiques attendues selon un point de vue utilisateur et client ;
- **définition des exigences techniques du système** (étapes 4 à 6) ; le résultat du processus est de présenter le problème et d'en détailler ses caractéristiques techniques selon un point de vue concepteur et fournisseur, c'est-à-dire qui lui permette de concevoir et de réaliser un système potentiel de produit, de service et/ou d'organisation.

Ces processus sont exécutés, souvent par des acteurs différents, de façon itérative et concourante pour un même système, et de façon récursive sur les différents niveaux de décomposition du système en sous-systèmes et en éléments terminaux de conception (cf. [Ingénierie des systèmes complexes](#) - Réf. Internet : 0269). Les activités ne sont pas forcément exécutées de façon séquentielle ; la séquence de chaque étape est seulement indicative.

▶ Étape 1

Identifier le problème, l'opportunité, les parties prenantes, leurs besoins et contraintes

Déroulez et itérez les activités suivantes :

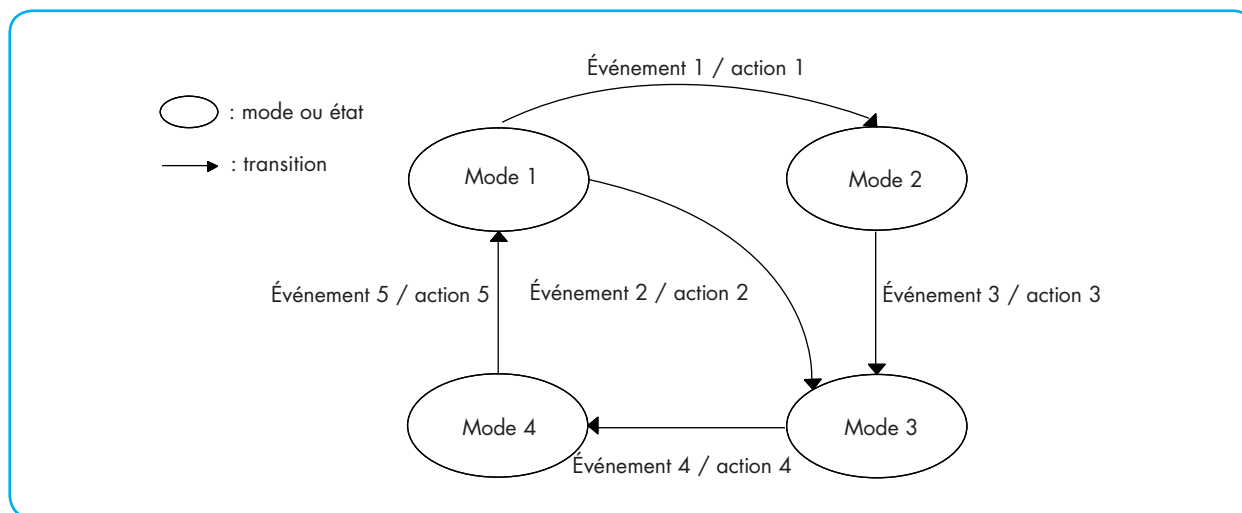
Analysez le contexte de la situation présente dans le domaine qui vous concerne ou que vous étudiez :

- Étudiez les facteurs sensibles, les manques dans l'existant, les améliorations potentielles, les opportunités de marché, etc. Il s'agit d'un constat.
- Exprimez sous forme d'un texte court (2 à 5 phrases) le problème, la question ou l'opportunité et son contexte. En déduire et formuler de façon très synthétique (une seule phrase) une idée ou concept de produit, de service, d'organisation qui répondrait sans penser à une solution. Cet élément potentiel et non existant est appelé « système étudié ».

À partir de l'expression des éléments précédents, et en répondant aux questions indiquées, exprimez la finalité ou but du futur système (pourquoi créer un système, son utilité, son usage dans le contexte ?), la mission (qu'est-ce qu'il est supposé faire, transformer, fournir ?), les objectifs quantifiés (combien d'éléments transforme-t-il ? Produit-il ? À quelle fréquence ?).

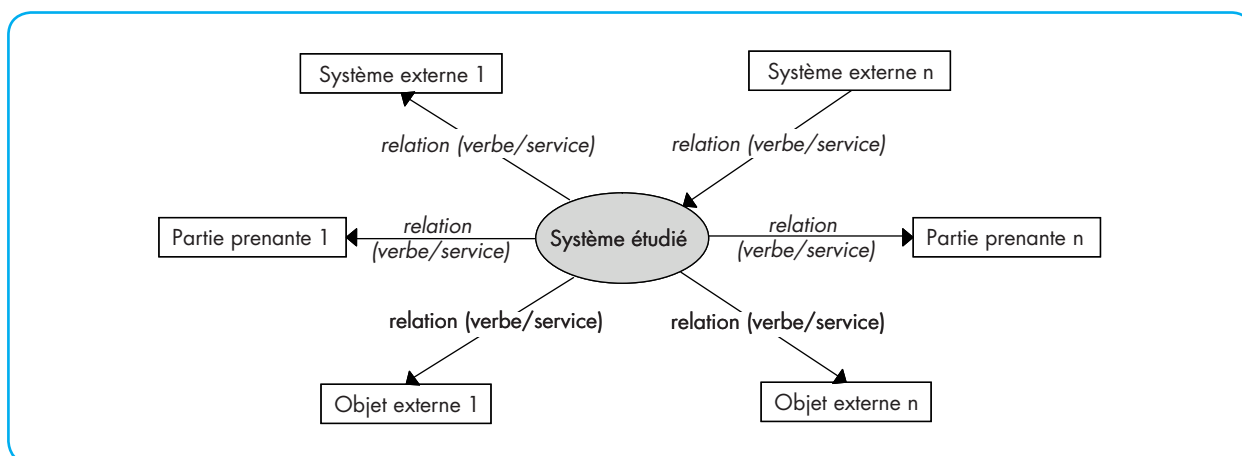
Identifiez les situations de la vie du système étudié et pour chaque situation :

- Identifiez toutes les parties prenantes impliquées (clients, utilisateurs, exploitants, mainteneurs, administration, organismes certificateurs, formateurs, fournisseurs, industriels, etc.). En établir la liste.
- Identifiez éventuellement les états ou modes opérationnels du système et les transitions entre les modes, ou les cas d'utilisation.



Identifiez les systèmes, les objets existants du contexte et leurs relations avec le système étudié à l'aide d'un

diagramme de contexte (entités-relations). Déduire de ces relations les services attendus ou à satisfaire.



Modélisez des scénarios opérationnels à partir de ces services, les valider par simulation et/ou auprès des parties prenantes et experts des métiers concernés.

Collectez auprès de chaque partie prenante les besoins, attentes, scénarios et contraintes à l'aide des techniques d'interviews (questionnaires, écoute, reformulation et validation des expressions, etc.).

À partir des scénarios opérationnels et des modes opérationnels modélisés, déduisez des concepts d'utilisation qui pourraient être supportés par le système étudié.

Itérez chaque activité de cette étape pour consolider l'ensemble des éléments.

Étape 2

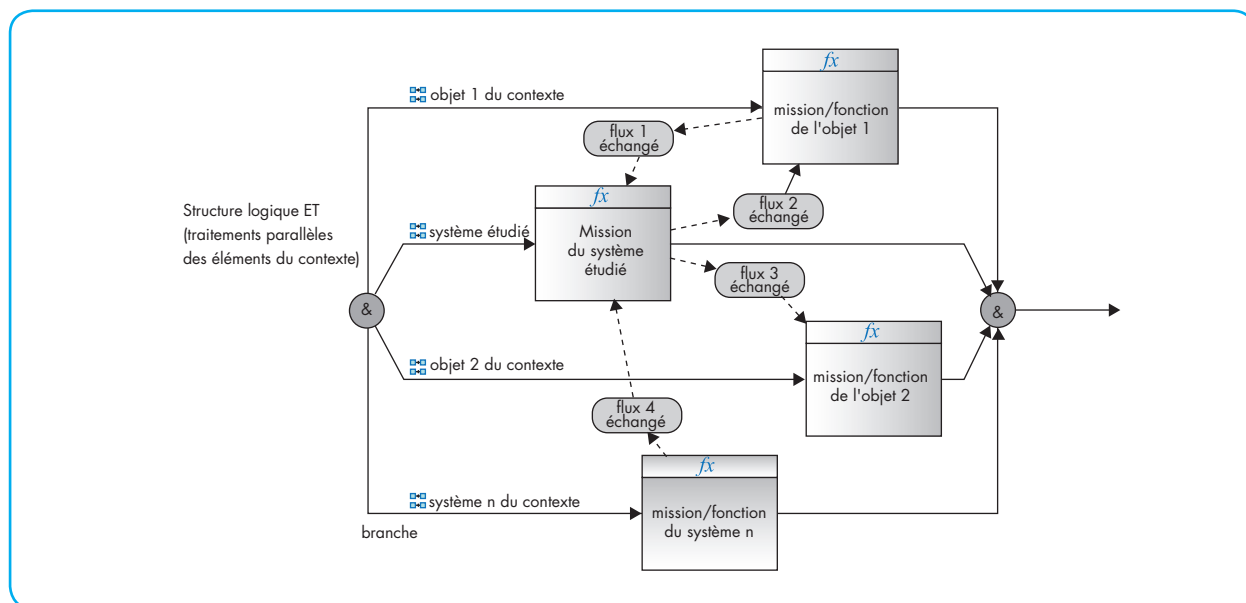
Définir et analyser les besoins des parties prenantes

Déroulez et itérez les activités suivantes à partir de tous les éléments précédents.

Définissez, exprimez, représentez les besoins de **services**, **modes opérationnels**, **scénarios opérationnels**.

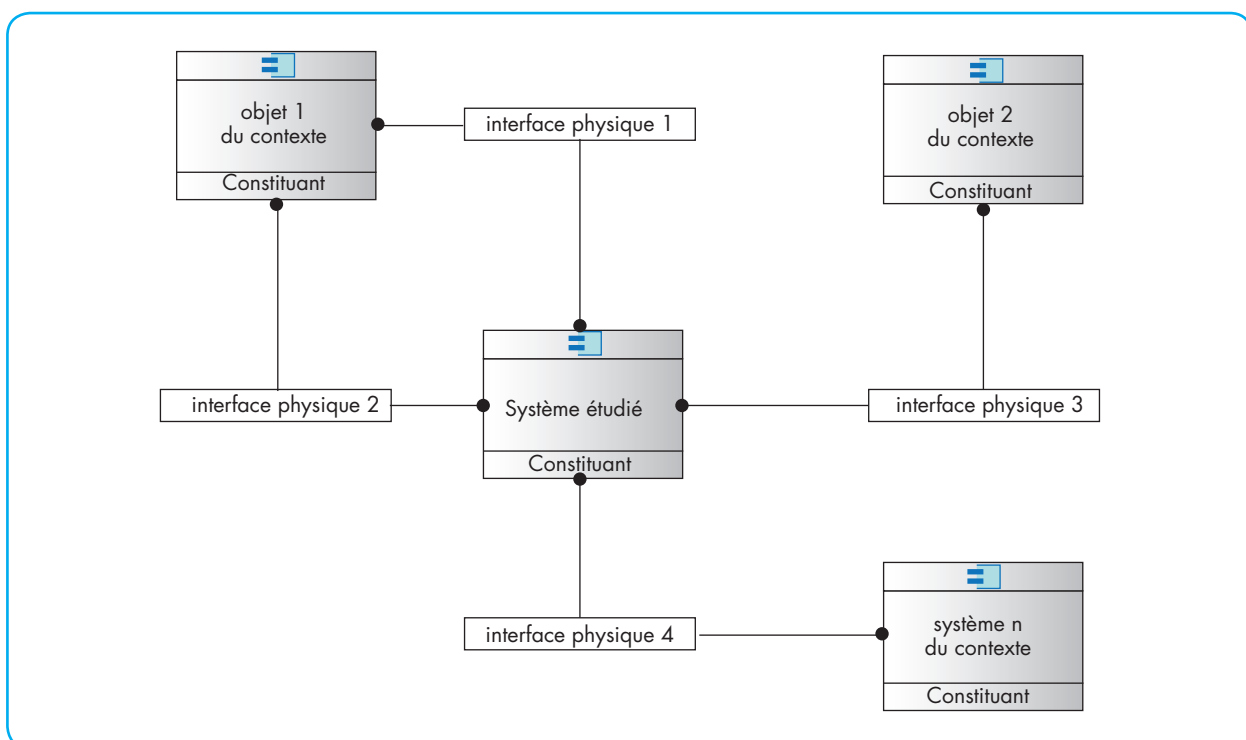
Identifiez et définissez les besoins **d'interface** du système étudié avec les systèmes ou objets du contexte, et/ou avec les systèmes contributeurs (*par exemple : la production, le déploiement, le soutien logistique, la formation, etc.*). Pour cela :

- À partir des scénarios opérationnels définis ci-avant, modélisez une architecture fonctionnelle du contexte du système étudié. Déduisez et identifiez les **interfaces fonctionnelles** (flux d'entrée/sortie de matière, d'énergie et/ou d'information échangés entre le système étudié et les éléments de son contexte d'utilisation). Exprimez les besoins d'interfaces fonctionnelles (les échanges).



- À partir du diagramme de contexte et de l'architecture fonctionnelle du contexte, identifiez et/ou définissez les **interfaces physiques** qui transportent les flux de matière, d'énergie et/ou d'information, ou

les connexions physiques nécessaires (mécanique, électrique, thermique, données, procédures, etc.). Exprimez les besoins d'interfaces physiques (liens physiques).



Identifiez les besoins et contraintes **d'utilisation opérationnelle** du système étudié :

- Identifiez et évaluez les menaces et les dangers pouvant provenir des éléments du contexte, identifiez ou déduisez les besoins ou contraintes de **sûreté de fonctionnement** (disponibilité, sécurité, survivabilité ; et éventuellement fiabilité, maintenabilité si applicable et pertinent à ce niveau de décomposition).
- Identifiez ou définissez les besoins ou contraintes de **sécurité de l'information**.

- Identifiez ou définissez les besoins ou contraintes en **facteurs humains** (ergonomie, psychologie, culture, facilité d'utilisation attendue pour les opérateurs).
- Identifiez ou définissez les besoins ou contraintes en **logistique** (livraison, installation, soutien ou maintenance).
- Identifiez ou définissez les besoins ou contraintes relatifs aux **autres systèmes contributeurs** (production, mise en service/déploiement, retrait de service, etc.).

- Quantifiez (lorsque possible) chacun de ces besoins opérationnels.

Identifiez ou définissez l'**environnement d'utilisation** du système étudié : chaleur, bruit, espace, vibration, électromagnétisme, etc.

Identifiez, définissez et allouez des **performances** ou caractéristiques **d'efficacité** au système étudié. Pour cela :

- Analysez les objectifs quantifiés relatifs à la mission et à la finalité du système étudié, en déduire des niveaux de performances attendues ou des éléments d'efficacité.
- Allouer, si possible, des performances attendues aux services (des scénarios opérationnels) définis précédemment.

Identifiez les **contraintes de réalisation** : procédés ou produits imposés (réutilisation), procédures, documentation, méthodologie, outillage, etc.

Itérez chaque activité de cette étape pour consolider l'ensemble des éléments.

Étape 3

Consolider et organiser les besoins des parties prenantes

Déroulez et itérez les activités suivantes :

Donnez un identificateur formel à chaque besoin et lui affecter les attributs nécessaires à sa gestion : type, priorité, traçabilité, etc.

Triez et organisez les besoins selon leur type : service, efficacité, interface fonctionnelle (échanges), interface physique (connexion), contrainte, etc. Ils peuvent aussi être groupés selon des catégories. Un besoin peut être décomposé/raffiné en sous-besoins.

Vérifiez l'expression, la formulation correcte de chaque besoin ; la cohérence et l'exhaustivité de l'ensemble des besoins.

Validez le contenu et l'expression des besoins auprès des parties prenantes, notamment les utilisateurs et clients (obtenez leur accord).

Justifiez chaque besoin et/ou faites une étude de compromis (*trade-off*) de l'ensemble des besoins (généralement avec les parties prenantes concernées). Pour cela, on peut utiliser un processus d'évaluation et d'optimisation, ou simplement faire les études suivantes :

- Résoudre les conflits entre les besoins et synthétiser les besoins similaires.
- Identifier, analyser et réduire les risques potentiels engendrés par certains besoins.
- Estimer la faisabilité et le coût de solutions potentielles pour répondre aux besoins.
- Justifier la pertinence de chaque besoin.
- Décider de conserver, supprimer ou modifier certains besoins.

Rédigez un **cahier des charges** - Réf. Internet : [dtou1863](#) contenant l'expression des besoins selon le plan-type établi.

Le processus de définition des besoins des parties prenantes prend fin ; commence alors le processus de définition des exigences techniques du système.

Étape 4

Analyser les besoins fournis et compléter avec les autres parties prenantes et leurs besoins

Déroulez et itérez les activités suivantes :

Analysez l'expression des besoins fournis, et complétez ou identifiez les parties prenantes opérationnelles du système et toutes les autres parties prenantes (acteurs) sur l'ensemble du cycle de vie. Identifiez les attentes, les besoins de ces **autres parties prenantes**.

Analysez et complétez les **scénarios opérationnels** si nécessaire.

Consolidez et organisez la liste des besoins complets comme dans l'étape 3.

Étape 5

Analyser les besoins et définir les exigences techniques du système

Déroulez et itérez les activités suivantes :

Analysez les scénarios d'utilisation opérationnels, les modes opérationnels et tous les autres types de besoin pour définir les **exigences fonctionnelles** du système.

Analysez les besoins de type efficacité et performance et tous les autres types de besoin pour définir des **exigences de performances**.

Quantifiez les éléments fonctionnels et les comportements attendus tels que les entrées, sorties, temps de réponse, volume de données, etc., déduits des exigences fonctionnelles ci-dessus de façon à définir des **exigences de performances**.

Analysez les besoins d'interface et tous les autres types de besoin pour définir des exigences **d'interface fonctionnelles** et des exigences **d'interface physiques**.

Analysez les conditions opérationnelles et tous les autres types de besoin pour définir des exigences d'utilisation ou d'opération telles que :

- des **modes opérationnels**, si applicables à ce type de système, et des **scénarios opérationnels** (devraient être seulement consolidés s'ils existent dans les besoins des parties prenantes) ;
- des exigences de sûreté de fonctionnement et de robustesse telles que : **immunité, innocuité, disponibilité, fiabilité, maintenabilité, survivabilité, disponibilité de l'information, intégrité de l'information, confidentialité de l'information** ;
- des exigences de **condition environnementale** ;
- des exigences de **ressources ou de moyens** utilisés et/ou produits ;
- des exigences de **maintenance** ou de **soutien logistique** ;
- des exigences de **facteurs humains** et/ou d'**ergonomie** ;
- des exigences de **transport** et de **stockage** ;
- des exigences de **documentation**.

Analysez les contraintes et tous les autres types de besoin pour consolider ou raffiner des exigences de type contrainte, en particulier :

- des contraintes **physiques** (encombrement, masse, etc.), d'**extension**, de **coût** et de **délai** de livraison du produit, service ou organisation attendu ;

- des contraintes de **standardisation**, de **réglementation** ;
- des contraintes de **réalisation**, de **déploiement** ou de **mise en service**, de **production**, de **retrait de service**, etc.

Analysez les besoins de type validation et tous les autres types de besoin pour définir ou raffiner des exigences de **validation**.

► Étape 6

Consolider et organiser les exigences techniques du système

Déroulez et itérez les activités suivantes :

Donnez un identificateur formel à chaque exigence technique et lui affecter les attributs nécessaires à sa gestion (type, priorité, traçabilité...).

Triez et organisez les exigences techniques selon leur type. Elles peuvent aussi être groupées selon des catégories. Une exigence technique peut être décomposée/raffinée en sous-exigences.

Vérifiez l'expression, la formulation correcte de chaque exigence ; la cohérence et l'exhaustivité de l'ensemble des exigences, mais aussi leur faisabilité.

Validez le contenu et l'expression des exigences par rapport aux besoins. Établir une matrice de traçabilité entre les besoins et les exigences pour connaître les sources.

Justifiez chaque exigence et/ou faites une étude de compromis (*trade-off*) de l'ensemble des exigences. Pour cela, on peut utiliser un processus d'évaluation et d'optimisation, ou simplement faire les études suivantes :

- Résoudre les conflits entre les exigences et synthétiser les exigences similaires.
- Identifier, analyser et réduire les risques potentiels engendrés par certaines exigences.
- Estimer la faisabilité et le coût de solutions potentielles pour répondre aux exigences.
- Justifier la pertinence de chaque exigence.
- Décider de conserver, supprimer ou modifier certaines exigences.

Rédigez le [document de spécification technique](#) - Réf. Internet : [dtou1864](#) contenant l'expression des exigences techniques.

Vous avez terminé le processus de définition des exigences techniques du système. Le problème est posé, un système est caractérisé par des propriétés attendues ; un concepteur peut, à partir de ces éléments, imaginer et élaborer de façon structurée un produit, un service, une organisation.

Notre conseil

Si vous ne deviez faire qu'une seule chose, ce serait de décrire des scénarios opérationnels d'utilisation de votre futur système (produit, service, organisation). Il est facile d'écrire ou d'imaginer une histoire.

Pour définir les besoins du système étudié, modélisez son contexte d'utilisation en tant que système englobant, par une **action de rétro-conception d'architecture fonctionnelle et d'architecture physique**. Ceci vous permet d'identifier et de définir plus aisément les fonctions/services, les interfaces fonctionnelles (flux de matière, d'énergie et d'information) et les interfaces

physiques (connecteurs et liens physiques support des échanges de flux).

Une exigence = une seule idée, une seule phrase à la forme active, type « sujet + verbe au présent + complément ». Sa satisfaction doit être vérifiable (par une méthode ou technique économiquement appropriée).

Évitez les erreurs

- Ne vous trompez pas de système : niveau d'abstraction trop haut (sur-système) ou trop bas (sous-système).
- N'oubliez pas les rôles des opérateurs et des utilisateurs pour éviter les rejets du produit par des derniers.
- N'oubliez pas d'établir la traçabilité des exigences avec les besoins pour les évolutions ultérieures.

Foire aux questions

Quelle est la différence entre un besoin et une exigence technique ?

Un besoin exprime une attente, un problème de la part d'un utilisateur, d'un client, d'un maître d'ouvrage, et ceci dans son langage. Une exigence technique exprime la même chose mais dans le langage du fournisseur, du concepteur, qui sous-entend des possibilités de solution ; elle est exprimée de façon technique, elle doit être vérifiable sur le futur produit, service, organisation.

À quoi sert la classification des exigences ?

Elle sert à préparer et à faciliter le travail du concepteur ainsi que de l'intégrateur et du responsable de la validation.

Pourquoi faut-il écrire des exigences ? À quoi cela sert-il ?

Si on ne décrit pas les propriétés et caractéristiques attendues du futur système (produit, service, organisation), le concepteur imaginera ce qu'il veut et le résultat ne sera pas satisfaisant et a de grandes chances d'être rejeté ou invendable.

Qu'est-ce que la gestion des exigences ?

Il ne faut pas confondre la gestion « notariale » des exigences, avec leur élaboration et leur expression. La gestion des exigences est une sous-partie de l'ingénierie des exigences, laquelle est elle-même une sous-partie de l'ingénierie de système.

Pour aller + loin

Bibliographie

Standards internationaux :

- ISO/IEC 15288:2008 - Systems and software engineering - system life cycle processes, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission
- ISO/IEC 29148: 2011 - Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission (IEC)

Manuels/handbooks :

- *INCOSSE systems engineering handbook*, version 3.2, San Diego, CA, USA : International Council on Systems Engineering (INCOSSE), INCOSSE-TP-2003-002-03.2

- *NASA Systems engineering handbook*, Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration (NASA), NASA/SP-2007-6105

Livre :

Van Lamsweerde, A., *Requirements Engineering*, New York, NY : Wiley, 2009

Sites Internet

- www.incose.org : *the International Council on Systems Engineering (INCSE) is a not-for-profit membership organization founded in 1990. Its mission is to share, promote and advance the best of systems engineering from across the globe for the benefit of humanity and the planet* (site en anglais)
- www.afis.fr : site de l'Association française de l'ingénierie système

Fournisseurs

www.mapssysteme.com : transfert de connaissances méthodologiques et assistance aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et fournisseurs de systèmes à caractères technique, organisationnel ou stratégique

Glossaire

Acquéreur/client

Partie prenante qui fait l'acquisition ou l'achat d'un produit ou d'un service auprès d'un fournisseur.

Besoin

Nécessité, contrainte, désir éprouvé et exprimé par un utilisateur, une partie prenante, un maître d'ouvrage. Ce qui est nécessaire à l'acquéreur et qui justifie la conception et la réalisation du système ou du produit. Les besoins sont en général flous en début de projet : ils doivent être identifiés, exprimés, clarifiés et rendus cohérents.

Contexte

Ensemble des éléments concrets situés en dehors du système étudié, qui ont une relation de type service, et/ou qui échangent de la matière, de l'énergie, de

l'information avec celui-ci, et/ou qui sont connectés physiquement à celui-ci.

Exigence

Expression clarifiée d'un besoin, présentée dans un langage formalisé (informatique, graphique, mathématique...) ou naturel. Une exigence doit en particulier être vérifiable et réaliste.

Fournisseur

Partie signataire d'un contrat conclu avec un acquéreur pour la fourniture d'un produit ou d'un service.

Opérateur

Généralement un constituant du système qui effectue des fonctions ou tâches dédiées. On parle de rôle opérateur.

Partie prenante

Partie ayant un droit, une part ou une prérogative qui fait que le système ou certaines de ses propriétés doivent satisfaire les besoins ou les attentes de cette partie.

Utilisateur

Individu ou organisme qui bénéficie de l'exploitation du système.

Les plus Internet

Saisissez la Référence Internet **0270** dans le moteur de recherche du site www.techniques-ingenieur.fr pour accéder aux mises à jour de cette fiche ainsi que la Réf. Internet des rubriques suivantes :

▶ Outils téléchargeables

- **dtou1863** – Plan-type de cahier des charges
- **dtou1864** – Plan-type de spécification technique

▶ Fiches associées

- **0269** – Ingénierie des systèmes complexes
- **0271** – Concevoir les architectures fonctionnelle et physique des systèmes complexes

GAGNEZ DU TEMPS ET SÉCURISEZ VOS PROJETS EN UTILISANT UNE SOURCE ACTUALISÉE ET FIABLE

Techniques de l'Ingénieur propose la plus importante collection documentaire technique et scientifique en français !

Grâce à vos droits d'accès, retrouvez l'ensemble des **articles et fiches pratiques de votre offre**, **leurs compléments et mises à jour**, et bénéficiez des **services inclus**.



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS



MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- + de 350 000 utilisateurs
- + de 10 000 articles de référence
- + de 80 offres
- 15 domaines d'expertise

- ☐ Automatique - Robotique
- ☐ Biomédical - Pharma
- ☐ Construction et travaux publics
- ☐ Électronique - Photonique
- ☐ Énergies
- ☐ Environnement - Sécurité
- ☐ Génie industriel
- ☐ Ingénierie des transports
- ☐ Innovation
- ☐ Matériaux
- ☐ Mécanique
- ☐ Mesures - Analyses
- ☐ Procédés chimie - Bio - Agro
- ☐ Sciences fondamentales
- ☐ Technologies de l'information

**Pour des offres toujours plus adaptées à votre métier,
découvrez les offres dédiées à votre secteur d'activité**

Depuis plus de 70 ans, Techniques de l'Ingénieur est la source d'informations de référence des bureaux d'études, de la R&D et de l'innovation.

www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com

LES AVANTAGES ET SERVICES compris dans les offres Techniques de l'Ingénieur

ACCÈS



Accès illimité aux articles en HTML

Enrichis et mis à jour pendant
toute la durée de la souscription



Téléchargement des articles au format PDF

Pour un usage en toute liberté



Consultation sur tous les supports numériques

Des contenus optimisés
pour ordinateurs, tablettes et mobiles

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques
et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles
en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais,
espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions
antérieures des articles



Impression à la demande

Commandez les éditions papier
de vos ressources documentaires



Alertes actualisations

Recevez par email toutes les nouveautés
de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

ILS NOUS FONT CONFIANCE



www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com