

Introduction

Objectifs du document

Cet ouvrage est une présentation illustrée de l'approche d'ingénierie des systèmes et des exigences qui couvre la remontée du cycle de développement avec une partie consacrée à l'intégration des systèmes. Il est basé sur une bibliographie variée et a pour objectif de faire une synthèse cohérente de l'ensemble de ces références. De plus, cet ouvrage introduit une approche récente de l'intégration basée sur les modèles de simulation, que nous appellerons intégration virtuelle.

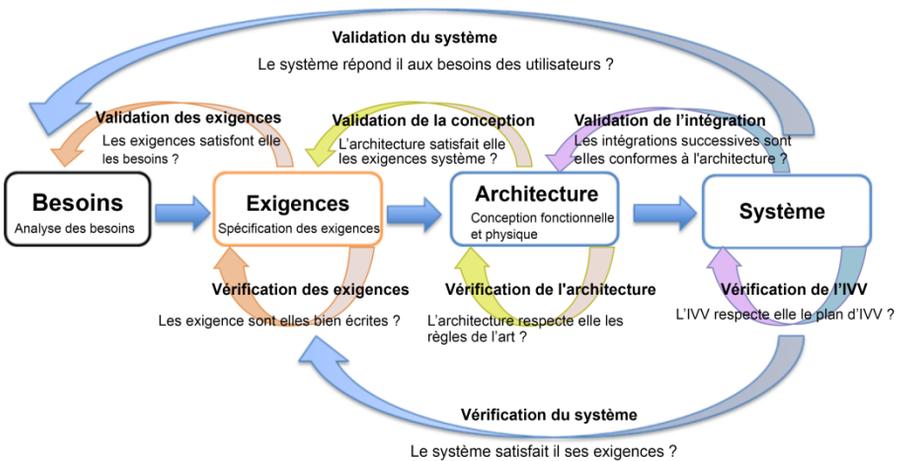


Figure I.1. Cycle de développement (AFIS n.d.)

Sur la figure I.1, nous avons un cycle de développement générique d'un système technologique décomposé en quatre étapes. Nous avons, en premier, l'analyse des besoins

qui sont ensuite traduits en exigences dans une spécification. Après, nous avons la phase d'architecture, avec les deux étapes de conception complémentaires qui sont la conception fonctionnelle et physique. Et nous terminons avec le système qui est le produit final, résultat de l'intégration d'un ensemble de composants identifiés lors de la conception. Ce cycle n'est pas linéaire, car il est constitué de nombreuses boucles de vérification et de validation. Chacune des étapes a une boucle interne de vérification et une boucle de validation avec l'étape précédente. La vérification regarde si l'activité respecte les règles de l'art et la validation cherche à savoir si l'activité couvre bien l'activité précédente. Dans le domaine de l'aéronautique, sur la mise en œuvre des recommandations de ARP 4754, l'activité de vérification des exigences n'apparaît pas, car elle est intégrée nativement à l'activité de validation des exigences. Sur l'étape du système, nous avons une boucle de vérification sur les exigences du système, c'est-à-dire : est-ce que le système fonctionne et une grande boucle de validation sur les besoins ? Autrement dit : est-ce que nous avons fait le bon système ?

L'organisation de cet ouvrage permet au lecteur d'aborder la conception et l'intégration des systèmes selon plusieurs points de vue, à savoir :

- l'ingénierie système ;
- l'ingénierie des exigences ;
- l'intégration virtuelle ;
- l'intégration système.

Point de vue de l'ingénierie système

Cet ouvrage permettra au lecteur d'aborder la conception selon une approche d'ingénierie des systèmes. Du point de vue de l'ingénierie système, nous aborderons toutes les phases d'un cycle de développement, à savoir :

- la définition des exigences du système avec :
 - l'analyse des exigences des parties prenantes qui permet d'identifier les besoins ;
 - la spécification des exigences techniques du système, qui pose le problème à résoudre ;
- la conception du système avec :
 - la conception fonctionnelle qui analyse le système sous un angle abstrait et définit sa capacité à « faire » des choses ;
 - la conception physique qui permet d'analyser le système sous un angle concret et de définir sa capacité à « être » quelque chose ;

- l'évaluation et la comparaison des solutions candidates, afin de choisir la meilleure architecture selon des critères communs de valeurs et de risques ;
- vérifier et valider le système, afin de regarder si nous avons fait un système qui fonctionne et qui répond aux besoins.

À part l'évaluation et la comparaison, nous retrouvons les différentes étapes que nous avons énumérées sur la figure I.1.

Point de vue de l'ingénierie des exigences

Cet ouvrage permettra au lecteur d'aborder la conception selon une approche d'ingénierie des exigences. Malgré le fait que cette activité soit intégrée au processus d'ingénierie système, elle peut être présentée de manière indépendante.

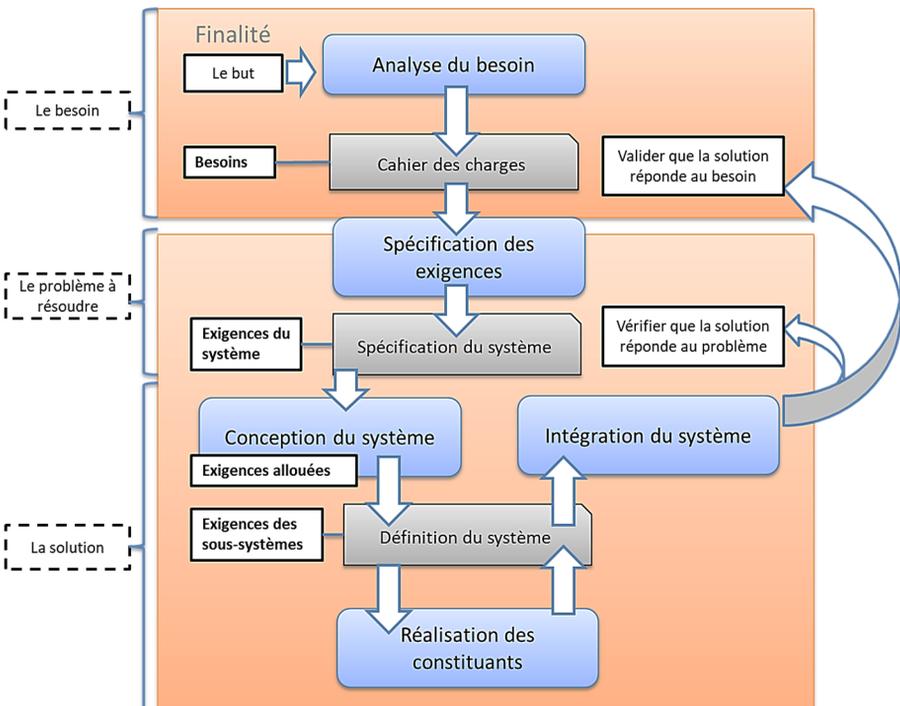


Figure I.2. Cycle de développement et ingénierie des exigences

Nous aborderons toutes les phases d'un cycle de développement d'un point de vue de l'ingénierie des exigences, à savoir :

- le développement des exigences avec (voir figure I.2) :
 - le développement des exigences d'un point de vue du besoin au travers du processus d'analyse des besoins ;
 - le développement des exigences d'un point de vue de la solution avec :
 - a) le processus de spécification des exigences qui permet de poser le problème à résoudre ;
 - b) les processus de conception fonctionnel et physique qui permettent d'allouer les exigences sur le niveau systémique inférieur, afin de pouvoir définir les exigences des sous-systèmes ;
- la gestion des exigences avec :
 - la gestion de configuration des exigences ;
 - la gestion des changements des exigences.

Point de vue de l'intégration virtuelle

Cet ouvrage permettra d'aborder l'intégration sous un angle nouveau en utilisant uniquement des modèles simulables. Cette phase intermédiaire à l'intégration classique permet de sécuriser au plus tôt un projet en faisant des remontées d'intégration virtuelle intermédiaires dans le cycle de développement.

Le lecteur apprendra à analyser et à modéliser de manière qualitative un système. Il verra comment transformer ce modèle descriptif en modèle quantitatif ; et en introduisant la variable « temps », il arrivera jusqu'à formaliser un jeu d'équations simulables. La simulation lui permettra de tester, de vérifier et de valider plusieurs scénarios de comportement de son système.

En parallèle, le lecteur apprendra aussi à concevoir un modèle de *monitoring* qui lui permettra d'améliorer la qualité de ses exigences et de rendre répétable son processus de vérification et de validation, c'est-à-dire automatisable sur ses moyens de simulation et de test.

Point de vue de l'intégration système

Cet ouvrage permettra au lecteur d'aborder les différentes étapes d'intégration classique d'un système pour passer de la réalisation des composants au produit fini. Le but est de vérifier que le système répond bien à ses exigences et de valider que les besoins de l'environnement sont couverts en réalisant ses missions opérationnelles.

Organisation de l'ouvrage

L'ouvrage est articulé autour de six parties. Nous avons deux parties introductives qui présentent les origines de l'ingénierie système avec la théorie des systèmes et une introduction de l'ingénierie des systèmes au travers des processus. Les quatre parties suivantes suivent un cycle de développement en W, que nous présenterons plus tard et qui est une évolution du cycle classique de développement en V (voir la figure I.3).

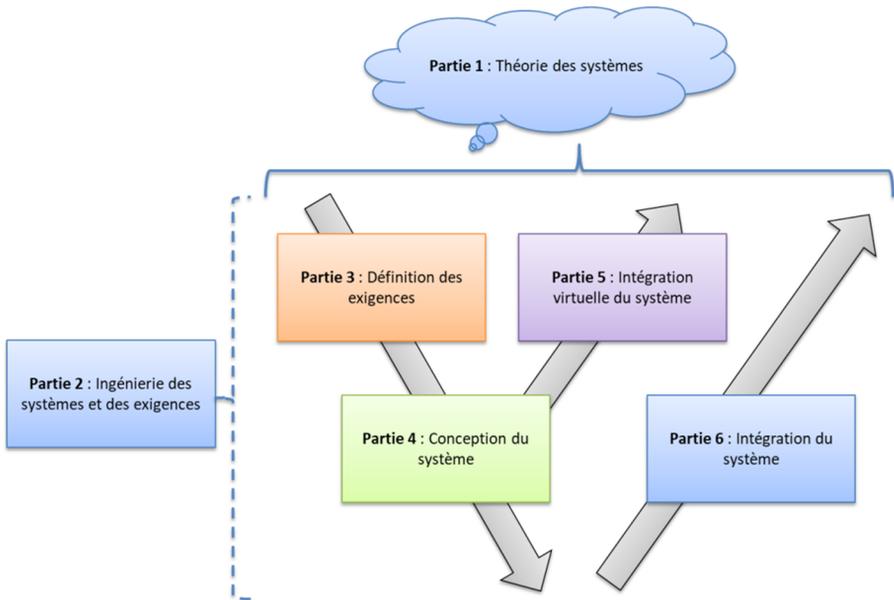


Figure I.3. Organisation de l'ouvrage

Partie 1. Théorie des systèmes

La partie 1 est une introduction à la théorie des systèmes. Nous définirons la notion de système, et plus particulièrement les systèmes complexes. Nous verrons comment les aborder et les propriétés qui les caractérisent.

Partie 2. Ingénierie des systèmes et des exigences

La partie 2 est une introduction à l'ingénierie des systèmes et des exigences. Cette partie présente les deux points de vue de conception abordés dans l'ouvrage. Nous définirons ce qu'est l'ingénierie des systèmes et comment elle peut être mise en œuvre avec l'architecture système. Nous présenterons comment s'articulent les activités d'ingénieries

des exigences par rapport à l'ingénierie des systèmes. En effet, même si les activités d'ingénierie des exigences font partie de l'ingénierie système, elles peuvent être réalisées en parallèle et présentées de manière indépendante.

Partie 3. Définition des exigences

La partie 3 présente la première étape dans la conception d'un système qui est la définition des exigences auxquelles il doit répondre. Cette étape permet de bien poser le problème à résoudre en transformant les besoins de l'environnement en exigences du système. Cette partie intègre le volet organisationnel en séparant les processus et les concepts qui concernent le maître d'ouvrage, c'est-à-dire le client, et le maître d'œuvre qui est le concepteur de la solution.

Partie 4. Conception du système

La partie 4 présente l'étape de conception du système qui doit permettre de répondre aux exigences. Pour cela, nous présenterons les deux processus de conception. Le processus de conception fonctionnelle permet d'architecturer le système selon un angle abstrait. Le processus de conception physique permet d'architecturer le système selon un angle concret.

Partie 5. Intégration virtuelle du système

La partie 5 est une évolution dans la réalisation classique des systèmes. Elle introduit une approche de remontée du cycle de développement en s'appuyant sur l'intégration de modèles de simulation. Cette approche novatrice utilise deux types de modèles, à savoir : un modèle de conception simulable basée sur la dynamique des systèmes et un modèle de spécification simulable permettant la vérification de propriétés.

Partie 6. Intégration du système

La partie 6 présente l'intégration classique d'un système. Nous aborderons les approches d'intégration partielle de système comme le SIL (*software in the loop*) et le HIL (*hardware in the loop*). Nous étudierons l'utilisation de modèles analytiques et métiers pour ces phases d'intégrations. Nous présenterons comment procéder à la vérification et à la validation du système.