Interopérabilité d'une simulation fonctionnelle et d'une simulation 3D dans l'avion

Hélène Moutier et Alain Houtekier

Résumé

Airbus utilise la simulation fonctionnelle pour valider la conception des avions et former les équipages. Une expérimentation, menée en 2014, tend à montrer l'intérêt d'intégrer les aspects « systems installation » dans la simulation fonctionnelle. Paradoxalement, une telle approche doit permettre d'accélérer la disponibilité de la simulation et de réduire les coûts de modélisation. De plus, s'appuyant sur une représentation standardisée des interfaces inter-systèmes de l'avion, elle facilite l'intégration de modèles issus des différents fournisseurs d'Airbus. Enfin, elle doit permettre l'utilisation de la simulation dans de nouveaux domaines.

Mots clés

Simulation multidisciplinaire, maquette numérique, Digital Mock-Up (DMU), simulation temps réel, modélisation, system installation ■

1. Introduction

L'avion est un système cyber-physique. Il est lui-même composé de systèmes associant des équipements tels que capteurs, calculateurs, actionneurs. Ces différents équipements sont reliés par des réseaux de câblage électrique et de tuyauteries (circuits hydrauliques, carburant, air, …).

Airbus utilise la simulation fonctionnelle pour valider la conception de l'avion. Cette simulation est également utilisée pour la formation des équipages.

La simulation fonctionnelle dont il est question ici couvre le comportement fonctionnel des systèmes de l'avion, le comportement de l'avion (dynamique du vol, comportement au roulage au sol), ainsi que l'environnement de l'avion (atmosphère et conditions météo, état des pistes, balises et communications radio).

2. Des modèles optimisés pour les besoins d'essai et de formation

La simulation permet de réaliser différents types d'essais : validation de la conception, avec des simulateurs de type « *Model-In-the-Loop* » ; tests d'intégration avec des simulateurs de type « *Software-In-the-Loop* » ou « *Hardware-In-the-Loop* » ; préparation des essais en vol et formation des équipages, avec des simulateurs de vol « *Man-In-the-Loop* ». Chaque utilisation impose d'obtenir un niveau de fidélité adapté aux besoins d'essais ou de formation, afin de garantir une disponibilité de la simulation à des coûts et dans des délais acceptables.

La modélisation des systèmes est optimisée pour couvrir les besoins de test fonctionnel. Elle reproduit le comportement des différents équipements d'un système dans les conditions normales ou anormales. Les conditions anormales sont celles requises dans les plans d'essai ou de formation, comme, par exemple, l'utilisation d'un système hors de son domaine opérationnel.

2.1 De la prise en compte de la topologie au cas par cas…

Jusqu'à présent, la simulation des systèmes, centrée sur le comportement fonctionnel des équipements, n'intègre pas systématiquement les aspects « *systems installation* » dans les modèles : position physique des équipements dans l'avion, topologie exacte du câblage et des tuyaux. Lorsque ces aspects ont une influence sur le comportement de l'équipement simulé, ils sont intégrés manuellement, et après analyse, dans les modèles. Par exemple, lorsque la position physique d'un capteur a une influence sur son comportement, elle est prise en compte dans sa modélisation.

2.2 … à une modélisation systématique mais adaptée au besoin

Une expérimentation a été menée en 2014 pour automatiser la prise en compte de la topologie des réseaux dans la modélisation. L'approche empruntée s'appuie sur l'exploitation des données géométriques et topologiques de la maquette numérique *(Digital Mock-Up* ou DMU) de l'avion et leur intégration dans une simulation comportementale temps réel centrée sur les aspects fonctionnels.

L'ensemble des modèles, qu'ils soient 3D (DMU) ou

comportementaux, doivent partager un ensemble de références communes : identification non équivoque des câbles et tuyaux. Ces références uniques et non-ambiguës devront pouvoir identifier l'ensemble des composants du système cyber-physique depuis la phase de conception jusqu'à la phase de production.

Un des objectifs de cette automatisation est de réduire la phase d'analyse au cas par cas des besoins de modélisation, et de réduire les délais de disponibilité de la simulation.

2.3 Adapter la granularité de modélisation

La granularité de modélisation de la topologie dépend des objectifs d'essai. Pour chaque granularité choisie, il faut que les modèles partagent l'ensemble des références communes pour les connecter, cet ensemble étant enrichi au fur et à mesure de la conception de l'avion.

La figure 1 propose un exemple d'interconnexion d'équipements dans l'avion. Cet exemple est très simplifié, mais il permettra d'illustrer les différentes options de simulation de la topologie, et leurs conséquences sur les résultats de simulation obtenus.

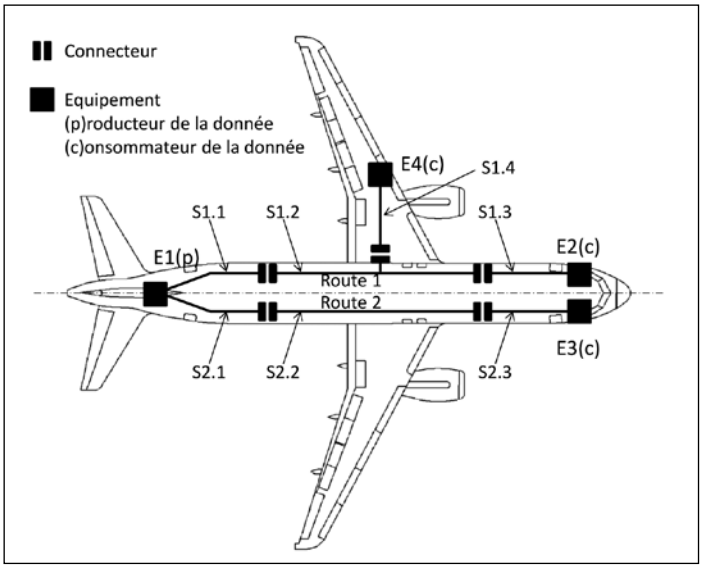

Figure 1: Exemple d'interconnexion d'équipements dans l'avion

Ce principe de modélisation peut être appliqué à tous les autres réseaux de l'avion : réseaux hydraulique, carburant, air…

La figure 2 illustre trois options possibles dans la représentation de la topologie d'un circuit électrique.

Dans le premier cas (figure 2a), le circuit est considéré sous l'angle uniquement fonctionnel, sans prise en compte de la topologie. Dans ce cas, chaque circuit électrique est représenté dans la simulation par une variable unique.

On peut prendre en compte les routes de câblage de l'avion (figure 2b), ou considérer une topologie plus complète (figure 2c) où chaque circuit électrique est une succession de segments installés dans les différentes sections de l'avion et reliés entre eux par des connecteurs.

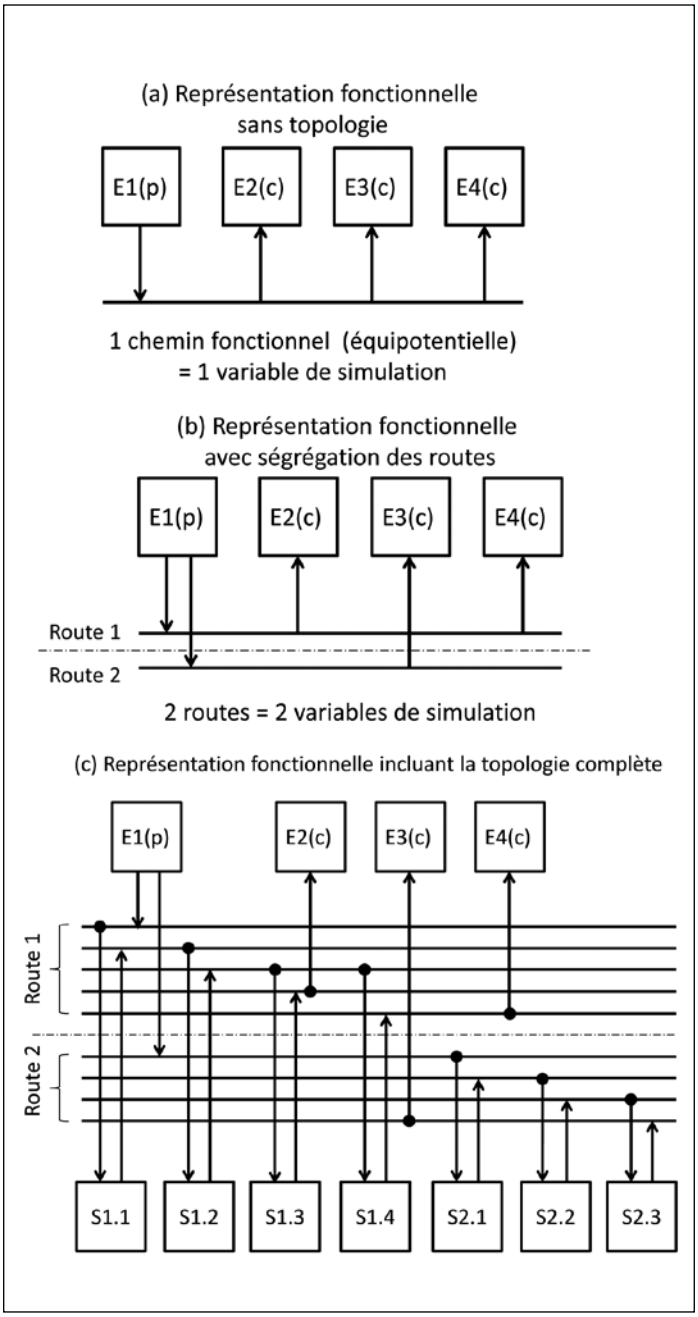

Figure 2 : Exemples de granularité de modélisation de la topologie

Une granularité plus fine de la modélisation permet d'obtenir des résultats de simulation plus précis. Toutefois, un compromis est indispensable pour que la simulation soit disponible à des coûts et dans des délais acceptables. Il en résulte la nécessité d'adapter la granularité de modélisation aux besoins.

2.4 Standardisation des interfaces

Comme on l'a dit plus haut, une des clés de la réussite est d'associer modèles topologiques et comportementaux grâce

à des références communes. L'automatisation du processus s'appuie sur ce système de références.

Au niveau des modèles de simulation, cela se traduit par l'implémentation d'interfaces identiques à celles des systèmes réels de l'avion. C'est la base d'une démarche de standardisation menée par Airbus au sein du groupe de travail EUROCAE 97, visant à favoriser l'inter-opérabilité des modèles comportementaux, et leur gestion sous forme d'équipements virtuels.

3. Exemples de cas d'utilisation

L'expérimentation menée a considéré deux cas d'utilisation : l'analyse de risques particuliers et l'aide au dépannage de l'avion. Dans ces deux cas, un événement est simulé dans la maquette numérique, qui calcule la liste des éléments de l'avion impactés (par exemple une rupture de câbles). La figure 3 illustre cet exemple, avec une rupture du segment S1.3.

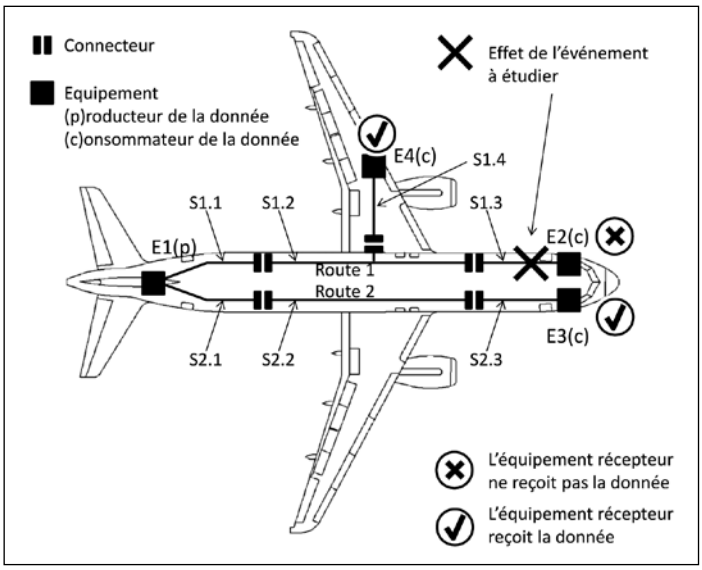

Figure 3 : Exemple d'événement simulé : rupture d'un câble électrique

3.1 Analyse des risques particuliers

Le premier cas d'application est l'analyse des risques particuliers (PRA = Particular Risks Analysis). Une représentation topologique de grande granularité est utilisable si on considère une analyse conservative.

Par exemple, on peut considérer un circuit électrique dans son ensemble (*end-to-end*), et simuler l'effet de l'événement par action sur le producteur de la donnée. Dans cet exemple, cas le plus défavorable, tous les équipements consommateurs sont impactés. Cependant, ce cas le plus défavorable peut amener à un résultat de simulation inexploitable.

Une granularité plus fine, prenant en compte la ségrégation des routes, amène à un résultat plus réaliste et exploitable pour les analyses de risques. C'est ce que représente la figure 4.

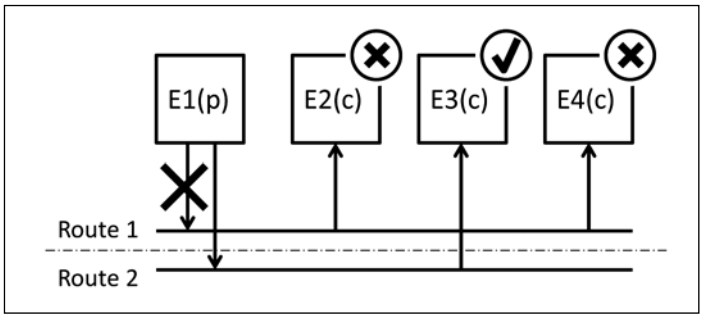

Figure 4 : Simulation fonctionnelle pour analyse de risques

3.2 Simulation pour l'aide au dépannage

L'autre cas d'application est l'utilisation de la simulation pour l'aide au dépannage de l'avion. Dans ce cas, une représentation topologique beaucoup plus fine est nécessaire, chaque segment de fil ou de tuyau devant être représenté pour pouvoir étudier les effets d'une anomalie très localisée. La figure 5 illustre cet exemple et montre que, pour cet essai, le résultat de simulation est fidèle à la réalité, au prix d'une complexité accrue de la modélisation.

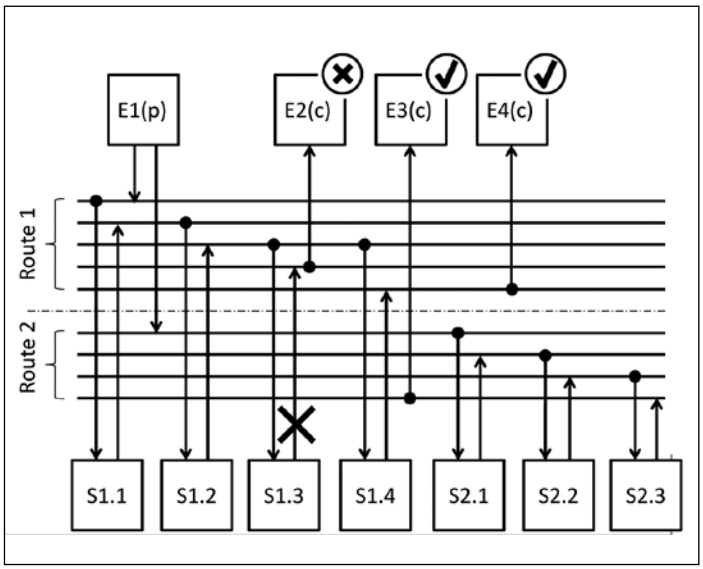

Figure 5 : Simulation fonctionnelle considérant une topologie plus complète

4. Conclusion

L'expérimentation a montré qu'il est possible d'intégrer des données structurelles (topologie) dans une simulation comportementale temps réel, en utilisant des outils automatiques.

La technique mise en œuvre permet d'envisager de simplifier la modélisation des équipements, en réduisant le besoin de simuler explicitement les effets des pannes définies dans les plans d'essais. En effet, on peut considérer qu'il devient possible de reproduire la plupart des pannes,

en agissant sur les composants de la topologie (segments de câbles, connecteurs), et d'observer les comportements émergeant des équipements simulés, exactement comme cela se passerait dans l'avion réel.

La modélisation fonctionnelle des équipements, d'une part, et la DMU de l'installation système, d'autre part, sont deux domaines d'étude d'un même système. Ils sont « conduits » par le même groupe de concepteurs système, mais traitent d'aspects différents. L'un traite de l'aspect fonctionnel des systèmes, l'autre de la problématique de l'installation des systèmes. Point commun entre les deux aspects, le concepteur système a donc la clef pour faire le lien entre la modélisation fonctionnelle et la modélisation de l'installation.

Les bénéfices attendus sont multiples :

- une réduction du coût de simulation des systèmes par la suppression de l'analyse et de la modélisation au cas par cas des besoins de représenter la topologie ;
- une capacité à simuler les effets d'événements multiples en temps réel, difficilement analysables par l'ingénieur ;
- une extension des domaines d'utilisation de la simulation fonctionnelle : compromis lors de la phase d'installation des systèmes, analyses de sûreté de fonctionnement, aide au dépannage ;
- une prise en charge simplifiée de modèles de simulation issus des fournisseurs d'Airbus, grâce à une standardisation accrue des interfaces des modèles ;
- une accélération de la disponibilité des simulateurs par l'utilisation d'outils automatiques.

5. Biographies

Hélène Moutier, ingénieur ENSEEIHT 1996, exerce au sein du département Systems Safety & Reliablity d'AIRBUS. Elle a notamment mené un projet visant à faire inter-opérer des modèles de différents domaines afin d'optimiser les processus de vérification liés à la sûreté de fonctionnement.

Alain Houtekier est spécialiste en architecture de simulateurs temps réel, au sein du département Modelling & Simulation d'AIRBUS à Toulouse.

COBOL Software Modernization

From principles to implementation with the BLU AGE® method

Frank Barbier et Jean-Luc Recoussine

John Wiley, 2015, 250 pages

The digital economy is expanding faster and faster due to the constant advances in IT. There is a virtuous circle such that, in turn, more and more (often unpredictable) innovative usages boost IT. These usages are social and, in a broad sense economical, meaning that the impact of IT on business is nowadays immense.

This book presents a reflection on software modernization to align old information systems with currant Internet-centric computing paradigms, mainly SOA qnd the Cloud, as well as highlighting popular middleware platforms, namely Java EE, .NET, Spring, etc.

In the first chapters, the authors address business and technical issues, before moving on to give practical insights into a ready-to-use method and tool in later chapters. Within this scope, this book comments on the BLU AGE® method and tool used in large-scale projexts in the USA and in Europe for varied business domains: healthcare, retail, transportation, tourism, energy, manpower, government, etc.

Contents

1- Software modernization: A business vision

2- Software modernization: Technical environment

3- Status of COBOL legacy applications

4- Service-Oriented Architecture

5- SOA in action

6- Model-Driven Development (MDD)

7- Model-Driven Software Modernization

8- Software Modernization Methods and Tools

9- Case Study

Bibliography

Index