



PhD Position



Early validation of system design using a combined model-based and optimization engineering approach

Keywords: MBSE, MDAO, Systems Engineering

PhD Supervisor: Prof. Pierre de Saqui-Sannes (ISAE-SUPAERO)

PhD Co-Supervisors: Prof. Jean-Charles Chaudemar (ISAE-SUPAERO)

Dr. Olivier Poitou (ONERA)

Apply to: pdss@isae-supero.fr
jean-charles.chaudemar@isae-supero.fr
Olivier.Poitou@onera.fr

Funding: Fédération de recherche ONERA-ISAE-ENAC
3 years

Starting in: October 2020

Location: ISAE-SUPAERO campus, DISC department

Context and problematic

The acronym MBSE was coined to denote model-based systems engineering approaches that enable to rely on methodology to design and implement a system. In parallel, the MDAO acronym denotes multi-disciplinary analysis and optimization techniques that apply to physical subsystems, e.g. mechanical or thermic ones, and allow one to validate design decisions on system dimensioning, thus enabling better mastering of the early design of a system through operational scenarios.

So far, coupling of MBSE and MDAO models has mostly remained manual and not yet automated. For instance, ModelCenter links SysML models to optimization and analysis tools such as Design of Experiment. MDAO models use artefacts but do not consolidate any reference model, which does not meet the requirements for an integrated and interoperable platform used in the context of UAV certification.

Consequently, a question of prime importance arises: how coherence among MBSE and MDAO models can be guaranteed as early as possible in the design phase? The question may be answered using generic models platforms.

A first research axis can be identified: providing experts with MBSE models to be relied on as repositories of reference models on for building new solutions. Examples of MBSE tools to be used in that context include TTool, Capella and Papyrus.

Another key issue is to rely on modeling and optimization work achieved on critical systems in order to enhance the acceptance of the end-system. It becomes necessary to quantify the expressiveness of the concepts and models in use, but also to define new model composition rules ensuring a sufficient level of confidence in a model-based approach combining modeling, analysis and simulation.

Objective

The objective of this PhD work is to propose and implement a collaborative, MBSE and MDAO based, engineering methodology.

Expected work

- Survey of related work and benchmarking of MBSE and MDAO approaches in order to identify a set of target modeling language, tools and methods.
- Identify integration and interoperability capabilities among the previously identified languages, tools and methods.
- Define a formalization framework for MBSE and MDAO models integration and interoperability.
- Elaborate generic model patterns, in particular for UAVs, and implement them in a MBSE-MDAO platform.
- Propose a global methodology for model design and analysis.
- Make the methodology a tooled one.
- Apply the methodology to a UAV whose mission is to be defined.

References

- P. Leserf, *Optimisation de l'architecture de systèmes embarqués par une approche basée modèle*, Thèse de Doctorat, 2017.
- A. Kulkarni, D. Balasubramanian, G. Karsai and P. Denno, *An analytical framework for smart manufacturing*, MATEC Web of Conferences, 2018.
- W. Hurwitz, S. Donovan, J. Camberos , *A Systems Engineering Approach to the Application of Multidisciplinary Design, Analysis and Optimization (MDAO) for Efficient Supersonic Air-Vehicle Exploration* , 12th AIAA, 2012.
- M. Blackburn, D. Verma et al., *Transforming Systems Engineering through Model-Centric Engineering*, Technical Report Systems Engineering Research Center SERC-2017, 2018.

Validation anticipée de conceptions de systèmes par une approche d'ingénierie conjointe basée modèles et optimisation

Directeur : Pierre de Saqui- Sannes (ISAE-SUPAERO)
Co-directeurs : Jean-Charles Chaudemar (ISAE-SUPAERO)
Olivier Poitou (ONERA)

Laboratoire d'accueil

ISAE-SUPAERO

Financement

Fédération de recherche ONERA–ISAE–ENAC

Contexte et problématique scientifique

Les approches d'ingénierie systèmes basées modèles (MBSE) permettent d'organiser autour d'une méthodologie les éléments concourants à la réalisation d'un système. Par ailleurs, le recours à des modèles multi disciplinaires d'analyse et d'optimisation (MDAO) de certains sous-systèmes physiques (mécaniques, thermiques, ...) connus permet de valider certains **choix de conception** dimensionnant d'un système, et offre la possibilité d'appréhender le système avant sa réalisation au travers de scénarios opérationnels. Cependant les couplages entre modèles MBSE et MDAO restent manuels (par exemple, ModelCenter couplant des modèles SysML à des outils d'optimisation ou d'analyse de conception comme Design of Experiment). Les modèles MDAO utilisent alors des artefacts de conception, mais ne consolident aucun modèle de référence comme on peut l'exiger dans une plateforme intégrée et interopérable, dans un contexte de certification de drones. Par conséquent, assurer la cohérence des modèles MBSE et MDAO au plus tôt dans la phase de conception, devient un enjeu clé. Elle peut s'envisager sur la base de **plateformes de modèles génériques**.

Un premier axe de recherche est donc de fournir aux experts-métiers des modèles MBSE sur lesquels ceux-ci vont construire leurs solutions, à la manière de bases communes de modèles de référence. Ces modèles MBSE devront être appréhendables depuis des ateliers tels que TTool, Capella et Papyrus.

Un second enjeu est de tirer parti du travail de modélisation et d'optimisation pour l'ingénierie des systèmes critiques. Il est nécessaire de définir un niveau de représentativité quantifiable des concepts et des modèles utilisés, mais aussi de définir des règles de composition de modèles permettant de garantir un niveau de crédit suffisant lors de la mise en œuvre d'une approche basée modèle combinant modélisation, analyse et simulation.

Objectifs

Dans le cadre de cette thèse, nous souhaitons mettre au point une méthodologie d'ingénierie collaborative autour des approches MBSE et MDAO. Pour cela, il convient de considérer les actions préconisées :

- Faire **un état de l'art** et un benchmarking des approches MBSE et MDAO de façon à déterminer une palette de modèles appropriés.
- Identifier dans les techniques de modélisation retenues des critères et des propriétés caractérisant une intégration et une interopérabilité.
- Etablir un **cadre de formalisation de l'intégration et de l'interopérabilité** entre les modèles MBSE et MDAO.
- Elaborer des patterns de modèles génériques – en particulier de drones - implantés dans une plateforme de modélisation MBSE-MDAO.
- Proposer une méthodologie globale de conception et d'analyse des modèles.
- Outiller cette méthodologie.
- Appliquer la méthodologie à la conception d'un drone dont la mission est à envisager.

Informations utiles

Candidatures (CV et lettre de motivation) à envoyer à : pdss@isae-supaero.fr, jean-charles.chaudemar@isae-supaero.fr, Olivier.Poitou@onera.fr

Démarrage souhaité en Octobre 2020.

Références

- P. Leserf, *Optimisation de l'architecture de systèmes embarqués par une approche basée modèle*, Thèse de Doctorat, 2017.
- A. Kulkarni, D. Balasubramanian, G. Karsai and P. Denno, *An analytical framework for smart manufacturing*, MATEC Web of Conferences, 2018.
- W. Hurwitz, S. Donovan, J. Camberos, *A Systems Engineering Approach to the Application of Multidisciplinary Design, Analysis and Optimization (MDAO) for Efficient Supersonic Air-Vehicle Exploration*, 12th AIAA, 2012.
- M. Blackburn, D. Verma et al., *Transforming Systems Engineering through Model-Centric Engineering*, Technical Report Systems Engineering Research Center SERC-2017, 2018.