

Soutenance de thèse

Éric RAZAFIMHAZO soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA MOIS et intitulée «*Approche d'Ingénierie Système pour concevoir des systèmes multi-usages en mission à l'intérieur de bâtiments*»

Le 29 février 2024 à 9h00, salle des thèses, ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

Mme Élise VAREILLES	ISAE-SUPAERO	
Mme Olivia PENAS	ISAE-SUPMÉCA	Rapporteuse
M. Jacco HOEKSTRA	Delft University of Technology	Rapporteur
Mme Cécile GOFFAUX	CENAERO	
M. Rob VINGERHOEDS	ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Romain MÈGE	ESTP Paris	

Résumé : L'ingénierie système (IS), définie comme une approche holistique jouant un rôle central dans la conception, le développement et la gestion de systèmes complexes, est de plus en plus utilisée à travers différents domaines d'application. La mise en œuvre d'une telle approche nécessite l'adoption d'une méthode bien définie pour guider les équipes tout au long du développement d'un système d'intérêt. Les travaux de cette thèse ont pour but d'appliquer une approche d'ingénierie système pour concevoir et développer un système multi-usage à l'intérieur de bâtiments. Un tel système est attendu pour réaliser différentes missions dans un bâtiment, afin d'adresser les besoins émergents du secteur de la construction pour faire face aux enjeux qui l'attendent durant les prochaines années. L'accent est mis sur le cadre méthodologique, qui inclut la méthode d'ingénierie système adoptée, les langages de modélisation et les outils associés, ainsi que l'utilisation des ontologies pour structurer et améliorer l'application de la méthode IS adoptée. Cette dernière fournit des vues compréhensives et complémentaires du système : une perspective globale incluant les analyses de la mission et opérationnelle, et des perspectives plus spécifiques incluant la définition des exigences, les architectures fonctionnelles, logiques et physiques du système. Un modèle SysML multi-vues et multi-niveaux du système a été développé en collaboration avec les parties prenantes impliquées dans le développement. Le couplage de cette méthode IS avec les ontologies, qui sont des représentations de la connaissance dans des domaines de discours, permet la réutilisation de la connaissance afin de faciliter la configuration du système selon le cas d'usage considéré lors de sa mise en œuvre. Le cadre méthodologique proposé est appliqué sur le cas d'étude à savoir un système multi-usage devant réaliser différentes missions à l'intérieur d'un bâtiment. Un modèle générique d'un tel système, adapté à quatre cas d'usage identifiés en fonction de l'état d'un bâtiment, a été élaboré en collaboration avec les parties prenantes considérées. Ce modèle a été personnalisé avec le mécanisme de configuration basé sur les ontologies pour l'adapter à un cas d'usage spécifique afin d'illustrer les travaux de la thèse. Pour cela, un démonstrateur réalisant une mission dans un bâtiment de l'ISAE-SUPAERO a été développé, permettant d'évaluer ainsi les bénéfices et les limites du cadre méthodologique proposé. Cette application a également pour but d'identifier de nouvelles pistes de recherche pour consolider la méthodologie, et éventuellement, pour la transposer à d'autres systèmes complexes pour démontrer son aspect générique et son adaptabilité.

Mots clés : Ingénierie système, Ingénierie système basée sur les modèles (MBSE), Méthode, Ontologie, Opérations dans les bâtiments, Drones

Summary: Inspection activities are performed throughout the life cycle of a building to ensure the security and the safety of its occupants, or to track the evolution of a construction site during the construction phase. In current practice, these activities are performed using various manual techniques based on manual or semi-automated tools. Furthermore, the building industry is currently processing a digitization with the application of the Building Information Modeling (BIM). BIM consists in providing the Architecture, Engineering and Construction domains with a digital collaborative platform to manage the building throughout all the phases of its life cycle. Digital models of buildings can be used to manage the building throughout its life cycle. Following decades of using tools based on manual or semi-automated solutions, the building industry may now take many advantages from drones. Studies have shown that drones may provide time and cost saving operations. Over the past few years, drones have successfully been used for many outdoor uses, notably inspection and cartography of buildings. Using drones for indoor operations are more critical since it raises new design challenges, in particular to rely the operation on the BIM model, and navigation issues since the satellite-based localization does not work indoor. The complexity level reached by drones providing indoor operations requires adopting a generic approach such as Systems Engineering (SE) to address the design of these drones. Systems Engineering is an interdisciplinary approach enabling the successful design of engineered systems according to the needs of all the stakeholders that are involved throughout the system life cycle. The main objective of this PhD project, entitled 'Indoor Multi-Usages Drone Acquisition', is to design a prototype of a drone that is providing multiple services inside buildings. The possible usages of the drones were identified through a mind map composed of four main usages that are further decomposed into several sub-usages. These candidate usages have been studied and refined to identify four use-cases to be developed through the study by applying a SE approach. Applying a SE approach requires a well-defined method to guide the development of the system. Different SE methods have been assessed to define a SE method that is adapted to the design of drones. The SE method that have been proposed for the study encompasses a global perspective of the system including the mission and the operational analyses, and more specific perspectives including requirement, functional, logical and physical analyses. Initial results were obtained by applying the proposed SE method at a high level of abstraction on the case-study for an indoor inspection drone. The next steps include the application of the SE method to a use-case consisting in inspecting and digitizing the interior of a building. After the mission analysis is performed, the elicitation of the stakeholder needs will be finalized to define the requirements (from stakeholder and system perspectives). The method will be applied iteratively using incremental assumptions: from few constraints to more realistic ones to get closer to more representative model of the reality. Subsequently, adjustments or refinement of the method may be required as far as we go through the design process.

Keywords: Systems Engineering, Model-Based Systems Engineering (MBSE), Method, Ontology, Indoor building operations, Drones