

## Soutenance de thèse

**Henrick DESCHAMPS** soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA MOIS et intitulée «*Ordonnancement d'une Simulation de Système Cyber-Physique*»

**Le 15 juillet 2019 à 13h00,  
Amphi 4 - 10 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse**

devant le jury composé de

M. Pierre SIRON	Professeur ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
Mme Janette CARDOSO	Professeure ISAE-SUPAERO	Co-directrice de thèse
Mme Claudia FRYDMAN	Professeure Université Aix-Marseille	Rapporteuse
M. Thierry SORIANO	Professeur SUPMECA	Rapporteur
M. Hans VANGHELUWE	Professeur University of Antwerp	

**Résumé :** Les travaux menés dans cette thèse de doctorat s'inscrivent dans le cadre d'un effort plus large d'automatisation des systèmes de simulation industriels. Dans l'industrie aéronautique, et plus particulièrement au sein d'Airbus, l'application historique de la simulation est la formation des pilotes. Il existe aussi des utilisations plus récentes dans la conception de systèmes, ainsi que dans l'intégration de ces systèmes. Ces dernières utilisations exigent un très haut degré de représentativité, là où historiquement le plus important était le ressenti du pilote. Les systèmes sont aujourd'hui divisés en plusieurs sous-systèmes qui sont conçus, implémentés et validés indépendamment, afin de maintenir leur contrôle malgré l'augmentation de leurs complexités et la réduction des temps de mise sur le marché. Airbus maîtrise déjà la simulation de ces sous-systèmes, ainsi que leurs intégrations en simulation. Cette maîtrise est empirique, les spécialistes de la simulation reprennent l'ordonnancement d'intégrations précédentes, et l'adaptent à une nouvelle intégration. C'est un processus qui peut parfois être chronophage, et qui peut introduire des erreurs. Les tendances actuelles de l'industrie sont à la flexibilité des moyens de production, à l'intégration d'outils logistiques permettant le suivi, à l'utilisation d'outils de simulation en production, et à l'optimisation des ressources. Les produits sont de plus en plus souvent des itérations d'anciens produits améliorés, et les tests et simulations intégrés à leurs cycles de vie. Travailler de manière empirique dans une industrie qui nécessite de la flexibilité est une contrainte, et il est aujourd'hui important de facilement modifier des simulations. La problématique est donc de mettre en place des méthodes et outils permettant a priori de générer des ordonnancements de simulations représentatifs. Afin de répondre à ce problème, nous avons mis en place une méthode permettant de décrire les composants d'une simulation, la manière dont cette simulation pourra être exécutée, ainsi que des fonctions permettant de générer des ordonnancements. Par la suite, nous avons implémenté un outil afin d'automatiser la recherche d'ordonnancement, en se basant sur des heuristiques. Enfin nous avons testé et vérifié notre méthode et outils sur des cas d'études académiques et industriels.

**Mots-clés :** Ordonnancement, Simulation, Système Cyber-Physique, Temps-Réel, Allocation, Heuristique

**Summary:** Cyber-physical systems are systems that couple both elements from numerical computing and physical elements. Systems containing a control loop in order to drive a vehicle in a real environment can be considered as a cyber-physical system. Aircrafts fit into this category. The uses of simulation in conception and validation phases are more and more important, due to increasing complexity of embedded systems in aircrafts. In order to receive the full benefit of a test realised in simulated environment, one must prove that the simulated system is valid. Certain tests obliged simulated aircrafts to impose a reproducibility guarantee.

These guarantees do not exist in real aircrafts, which have non reproducible behaviors. Cyber-physical systems simulation require the assembly of two types of models: - Discretized models: Mathematical approximation of continuous phenomena. - Discrete models. In a complex system such as an aircraft, the execution of the simulation uses a distributed simulation environment. Communications and synchronizations are required in the assembly of models, which are allocated to processors. It should be noted that the control loops complicate the sequence of simulator executions. Besides the fidelity of every models, the assembly (temporal organization and interaction) must reflects reality in order to achieve simulation validity. This assembly is called the simulation scheduling. In our context, this scheduling is a distributed scheduling. Currently, schedulings are obtained empirically. This method does not allow estimating the validity of a scheduling a priori. In order to increase the usage of simulation, we should guarantee the validity of their schedulings more easily. The main objective consists in defining a formal method to determine a priori the validity of a simulation scheduling, for a distributed simulation of a cyber-physical system. The goal is to prove by analytical methods that an assembly of models should be sufficiently representative depending of the objectives of a given test on a given platform.

**Keywords:** Scheduling, Simulation, Cyber-Physical System, Real-Time, Allocation, Heuristics