

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641

*Mathématiques et Sciences et Technologies du numérique,
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : *Informatique*

Par

David JULIEN

Probabilistic Abstraction and Verification of Hybrid Dynamical Systems

En vue de la soutenance de Thèse à Nantes, le **TBD**

Unité de recherche : LS2N - UMR 6004

Rapporteurs avant soutenance :

Pedro R. D'ARGENIO Full Professor - FAMAF, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
Patricia BOUYER-DECITRE Directrice de Recherche - Laboratoire de Méthodes Formelles, Paris

Composition du Jury :

Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse

Président-e :	Prénom NOM	Fonction et établissement d'exercice (<i>à préciser après la soutenance</i>)
Examinatrices :	Nathalie BERTRAND	Directrice de Recherche - Centre INRIA de l'Université de Rennes, Rennes
	Assia MAHBOUBI	Directrice de Recherche - INRIA, LS2N, Nantes
	Cristiana J. SILVA	Assistant Professor with Habilitation - Iscte, Instituto Universitário de Lisboa, Portugal
Dir. de thèse :	Benoît DELAHAYE	Professeur des Universités - Nantes Université
Co-dir. de thèse :	Gilles ARDOUREL	Maître de Conférences - Nantes Université
	Guillaume CANTIN	Maître de Conférences - Nantes Université

Invitée :

Valentina LANZA Maîtresse de Conférences - Université du Havre

Titre : Abstraction et vérification probabilistes de systèmes dynamiques hybrides

Mot clés : Équations différentielles - Systèmes hybrides - Processus Markoviens - Simulation

Résumé : Cette thèse porte sur la vérification formelle de systèmes décrits par des équations différentielles ordinaires. Deux résultats principaux peuvent être distingués. Premièrement, l'adaptation de la Vérification Statistique de Modèles (*Statistical Model Checking* ou SMC en anglais) au contexte des équations différentielles, via la majoration de l'erreur introduite par les techniques de résolutions de ces équations sur l'ensemble des

simulations possibles. Deuxièmement, l'abstraction de systèmes dits hybrides, dont la dynamique décrite par une équation différentielle peut être modifiée au cours du temps, sous la forme de processus Markovien : ceci permet de dépasser certaines limites imposées par le formalisme originel. Chacune des deux techniques présentées fait l'objet d'un exemple d'application complet.

Title: Probabilistic Abstraction and Verification of Hybrid Dynamical Systems

Keywords: Ordinary Differential Equations - Hybrid systems - Markov processes - Simulation

Abstract: This thesis presents the formal verification of systems described with ordinary differential equations. Two main results may be distinguished. First, the adaptation of Statistical Model Checking (SMC) to the context of differential equations, by bounding the error introduced by integrations methods for the resolution of these equations on the whole simu-

lation space. Second, the abstraction of so-called hybrid systems, whose dynamics is described by a differential equations which can be modified during the simulation, as a Markov process: this allows to overcome some limitations imposed by the original formalism. Each of the two presented techniques is completely unfolded on a case study.