

## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Monsieur Sebastien THOMET soutiendra sa thèse  
(Groupe Section CNU : 61 - Génie informatique, automatique et traitement du signal du Conseil national des universités)

Préparée sous la direction de M. Olivier ROMAIN

Le 24 mai 2022 à 14h00

Adresse : CY Cergy Paris Université site : Chênes 2 33 Bd du Port 95000 Cergy  
salle : Amphithéâtre Larousse

### "Environnement d'observation générique pour systèmes embarqués exposés aux radiations"

Co-tutelle : **non**

#### **Le jury sera composé de :**

- Mme Karine COULIÉ, Maîtresse de conférences, IM2NP, Université d'Aix-Marseille (**Rapporteure**)
- M. Otmane AIT MOHAMMED, Professeur, Concordia University (**Rapporteur**)
- M. Olivier ROMAIN, Professeur, CY Cergy Paris Université (**Directeur de thèse**)
- M. Fakhreddine GHAFARI, Maître de conférences, CY Cergy Paris Université (**Co-directeur de thèse**)
- M. Serge DE PAOLI, Docteur, STMicroelectronics (**Co-encadrant de thèse**)
- M. Frédéric WROBEL, Professeur, IES, Université de Montpellier (**Examineur**)
- Mme Bisma ZEDDINI, Maîtresse de conférences, SATIE, Université de Cergy-Paris (**Examinatrice**)
- M. Amor NAFKHA, Professeur, CentraleSupélec de Rennes (**Examineur**)

#### **Résumé des travaux :**

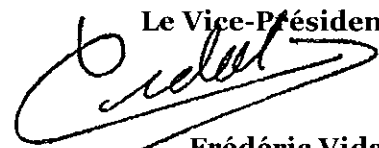
Ces travaux consistent à adresser la problématique de fiabilité de la microélectronique de systèmes autonomes utilisés dans des applications critiques. En particulier, ces travaux traitent des effets des radiations sur des systèmes logiques utilisés dans les domaines d'applications automobile et spatiale. Une défaillance de tels systèmes peut potentiellement coûter la vie à des personnes dans le cas de systèmes de sécurité pour les véhicules, ou mener une mission spatiale à l'échec dont le budget est très conséquent. Les radiations représentent une des contraintes physiques sur les circuits qui conduit à des événements isolés ou à un vieillissement accéléré par effet mécanique ou de dose. Certains événements sont permanents à la suite de dommages irréversibles sur le circuit, d'autres sont transitoires ou ont pour conséquence la corruption de données en mémoire et le bouleversement du comportement de l'application. L'objectif de notre démarche est de concevoir des moyens d'observation non intrusifs embarqués capables de détecter et d'identifier des événements dus aux radiations. Pour cela, plusieurs approches à l'état de l'art ont été proposées afin de répondre aux besoins industriels suivants. Lors de la réalisation de circuits, il est nécessaire de connaître la section efficace de chaque cellule qui le compose, qui permet dans un environnement donné, connaissant le type et le flux de particules, d'estimer le taux d'erreur. La complexité des systèmes grandissante de manière exponentielle, il est plus simple dorénavant de considérer le nombre de cellules qui composent le circuit et de connaître la section efficace de chaque type. Deux axes ont donc été abordés dans ce travail de thèse. Le premier a consisté à proposer une technique permettant de classifier les différents types d'événements qui

surviennent dans une structure de test lors de l'exposition sous faisceau. La classification en ligne permet de surmonter les limitations de fréquence des techniques précédentes et de fournir une observation directe et plus détaillée lors des campagnes de test. Le second axe abordé dans ces travaux est celui de l'observation des erreurs qui surviennent dans les microprocesseurs. Les techniques à l'état de l'art ne proposent pas de moyens de remonter à l'origine de l'erreur. Les informations de diagnostic sont pauvres et ne se basent que sur des données issues de l'application. Notre approche consiste donc à effectuer un enregistrement en ligne d'information concernant l'exécution, tout en surveillant l'apparition d'erreur grâce à des assertions matérielles. L'implémentation durcie assure l'intégrité des données tout le long de l'expérience et l'architecture de débogage permet d'accéder au système depuis l'extérieur par un port JTAG de manière autonome afin de récupérer les données à la suite d'un crash même si l'application est dans un état inconnu. Cette technique a été développée sous forme d'IP et intégrée dans deux systèmes à processeur. Deux versions de l'IPs ont été conçus. La première intègre des fonctionnalités réduites, mais qui ont néanmoins permis de mettre en lumière les bénéfices de l'approche. La seconde comporte des assertions matérielles configurables et un mécanisme d'enregistrement de la trace standard. Les contributions ont donc pu être intégrées dans deux circuits de test. Le module de classification des événements est identique dans les deux circuits, la première version de l'IP d'observation processeur est présent dans le premier, et la seconde version, dans le second circuit. Les résultats des tests sous neutrons et ions lourds montrent que le classifieur d'erreur a permis de faciliter les tests en proposant une classification automatique en ligne et améliorer la précision de la mesure tout en fonctionnant au profil de mission. Des expérimentations sous rayons X ont pu être conduites et mettent en lumière les bénéfices de l'IP d'observation.

Cergy-Pontoise, le 17 mai 2022

**Pour le Président et par délégation,**

**Le Vice-Président**



**Frédéric Vidal**