

## Préface

Prédire puis garantir la fiabilité d'un système électronique est un enjeu majeur pour les industriels des domaines de l'automobile, de l'aéronautique et de la défense, mais aussi pour ceux du ferroviaire, des télécommunications, du nucléaire, du médical et bien d'autres. Mais c'est avant tout un enjeu majeur pour nous, utilisateurs au quotidien de ces équipements, qui devons avoir une confiance absolue dans les informations transmises et les décisions prises en temps réel. Le développement croissant des objets connectés (voiture autonome, domotique...) conduit à réduire de façon drastique l'intervention de l'homme au profit de l'intervention des systèmes mécatroniques. Tous ces systèmes ne pourront se déployer que si les utilisateurs ont une confiance absolue dans la fiabilité des équipements.

Ces équipements se décomposent en deux grandes fonctionnalités : une partie matérielle, composée principalement de cartes électroniques (couplées à des systèmes mécaniques) et une partie logicielle en temps réel permettant la mise en œuvre des équipements et la réalisation des tâches attendues.

Prédire et garantir la fiabilité des équipements électroniques est une tâche à la fois immense et sans fin. D'une part, le nombre de types de composants utilisés pour réaliser ces cartes est très élevé et, d'autre part, les fonctionnalités nouvelles dans les équipements innovants nécessitent de nombreux essais de fiabilité et de robustesse.

Devant ce chantier immense, quelques industriels (Thales Air Systems, Valeo, Safran, NXP) et des PME (AREELIS, MB Électronique, Ligeron, StatXpert, Lescate, Serma, PAK) appuyés par des laboratoires privés (CEVAA, Analyses et surface) et publics (LNE, GPM, LaMIPS, INSA Rouen) se sont lancés dans une démarche de mise en place de moyens et de compétences dédiés à la fiabilité des composants et systèmes mécatroniques de forte puissance.

Cette association de partenaires très complémentaires a fait ses premières armes dans le cadre d'un programme dédié à la fiabilité : *Audace* (Analyse des causes de défaillance des composants des systèmes mécatroniques embarqués). Ce premier projet a été un très grand succès. Il a permis de créer des liens forts entre les différents partenaires et de mettre en place des moyens d'analyse et de mesure très performants. Mais il a aussi mis en évidence l'immensité de la tâche et la diversité des composants et technologies à maîtriser.

À l'issue de ce premier contrat, l'ensemble des acteurs a décidé de poursuivre les travaux à travers un second programme, *FIRST-MFP* (Fiabiliser et renforcer des systèmes technologiques mécatroniques de forte puissance), afin d'aborder des composants spécifiques à l'électronique de puissance. En effet, la notion de puissance (de quelques kilowatts à plusieurs centaines de kilowatts), l'électronique doit faire face à des sollicitations pouvant entraîner des ruptures par fatigue inhabituelle dans de l'électronique de faible puissance. La modélisation numérique, les essais multiphysiques et la prise en compte de multiples variables d'incertitudes ont conduit au développement de ce programme de recherche *FIRST-MFP*.

Grâce au soutien des pôles de compétitivité ASTech et Mov'eo, de la filière aéronautique normande NAE, des régions Normandie et Île-de-France ainsi que des chambres de commerce de Rouen et Versailles, ce programme a pu être mis en œuvre et aboutir à des résultats exceptionnels.

Afin de faire partager ces résultats à la fois aux acteurs économiques impliqués dans la fiabilité des systèmes, mais aussi aux étudiants des domaines électroniques, mécaniques et des matériaux, il a été décidé de consigner tous les résultats de ce programme dans un livre.

Compte tenu de la richesse des résultats, c'est en fait deux livres qui ont été édités, et je tiens à remercier très chaleureusement Messieurs Abdelkhalak El Hami, David Delaux et Henri Grezskowiak pour leur travail remarquable dans la mise en œuvre de ces deux tomes, ainsi que tous les participants de ce programme qui ont consacré de nombreuses heures à mettre en forme tous leurs résultats pour que ces informations primordiales ne restent pas la propriété de quelques-uns, mais soient partagés par le plus grand nombre d'ingénieurs, de techniciens, de chercheurs et d'étudiants.

Le premier volume est consacré à la présentation des enjeux et traite des aspects « modélisation et simulation » qui sont indispensables pour prédire les performances en fiabilité des futurs systèmes électroniques.

Le second volume est la compilation des essais aggravés et accélérés réalisés sur différents types de composants et sous-systèmes de forte puissance.

Vous trouverez dans ces deux tomes des informations indispensables et primordiales pour sécuriser les futurs équipements qui viendront s'intégrer dans les automobiles, les avions et les hélicoptères de demain.

Je tiens à remercier l'ensemble des acteurs de ce programme ainsi que les financeurs (État, régions), sans qui ce projet n'aurait pas pu aboutir, et je fais le vœu que ce noyau dur mis en place dans ces deux programmes (*Audace*, *FIRST-MFP*) continue cette association, car de très nombreuses technologies sont en train d'émerger et doivent être évaluées sur l'aspect fiabilité.

Philippe EUDELIN  
Président de Normandie AeroEspace  
Directeur innovation Thales Air Systems SAS