

Définition des essais de qualification de la fiabilité de composants électroniques pour application médicale

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes – Equipe Sûreté de fonctionnement et aide à la décision (Polytech'Angers – Université d'Angers)

Contact : Laurent SAINTIS laurent.saintis@univ-angers.fr
Abdessamad KOBI abdessamad.kobi@univ-angers.fr

Organisme industriel associé : TRONICO_ Saint-Philbert-de-Bouaine, France.

Contact : Jean BASTID jbastid@tame-component.com

Durée : 12 mois à partir de mars 2023
Type d'offre : Post-Doc
Contrat : CDD
Rémunération : 2840 Brut (**2 282 € net**) mensuel
Employeur : LARIS – Université d'Angers
Lieu de travail : Angers (France)
Spécialité : Sciences de l'ingénieur

Mots clés : Electronique, Microélectronique, Dispositifs Médicaux, Fiabilité, Qualification, Essais de fiabilité.

Le Post-doctorat ou poste d'Ingénieur de Recherche est proposé pour une durée de 12 mois au sein de l'Equipe Sûreté de Fonctionnement et aide à la Décision (SFD) du Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes. Son activité se déroulera sur le site de Polytech Angers. Il démarrera idéalement à partir de mars 2023.

Contexte industriel

TRONICO conçoit, industrialise et fabrique, des produits complexes à dominance électronique qu'on retrouve dans tous les domaines en particulier dans le secteur de santé. De ce fait, les nouveaux systèmes médicaux implantés en développement doivent démontrer un haut niveau de fiabilité dans un environnement spécifique (humidité...) et contraint [1]. L'utilisation de l'électronique est réglementée par de nombreux documents qui traitent des appareils électromédicaux dits souvent Dispositifs Médicaux (DM). Dans ces documents, la fiabilité des composants électroniques n'est pas explicitement abordée. On retrouve néanmoins quelques indications, par exemple [2] :

- **Composant aux caractéristiques à haute fiabilité:** composant qui, de par ses caractéristiques, ne peut présenter de défaut compromettant la sécurité des DM.
- **Condition de premier défaut:** le DM est en condition de premier défaut lorsqu'une anomalie se présente (typiquement une défaillance technique). On regardera avec attention les conditions de premier défaut des moyens mis en place pour réduire les risques.

- **Durée de vie:** la durée d'utilisation définie par le fabricant.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de processus normalisé de qualification des composants électroniques pour des applications médicales. Les concepteurs de produits recherchent alors, souvent, des composants qui ont été qualifiés pour d'autres domaines comme l'automobile, le militaire ou l'aéronautique où les tests réalisés ont permis de vérifier leur robustesse ou leur niveau de sécurité (ASIL¹, SIL²) par rapport à leur processus de fabrication [3].

Du côté des fabricants de composants, certains proposent une gamme médicale. Il s'agit souvent de choisir des composants de la gamme commerciale, automobile ou militaire et de ne garder que les composants rentrant dans des critères plus resserrés après des tests plus sévères.

Le test des cartes électroniques "médicales" est un enjeu majeur pour concilier différents aspects : Technique, Coût, Fiabilité et Sécurité ([4] et [5]). Ces tests doivent donc être abordés et conçus dès les premières phases de la conception des cartes électroniques.

Objectif/Sujet de recherche

Dans le cadre du projet régional RECOME (Reliability of Electronic COmponents for MEDical devices), l'objet de ce travail de recherche est de définir une méthodologie permettant de qualifier un composant électronique pour respecter un niveau de sécurité des DM. Il s'agira de définir les tests à réaliser en fonction du type de composants et de l'application médicale.

Cette étude prendra appui sur les différentes normes de qualification de composants et/ou de leur procédé de fabrication, sur les exigences de sûreté de fonctionnement des dispositifs médicaux, et sur les modèles de vieillissement des composants électroniques. Elle devra, le cas échéant, évaluer des procédés de mise en œuvre de ces composants permettant d'augmenter leur fiabilité en application (underfill, coating...) avec des verrous technologiques et en particulier la miniaturisation et l'impossibilité de réaliser des tests classiques (Tests fonctionnels, tests in situ).

Il s'agit dans le cadre de ce postdoctorat d'appliquer la méthodologie, basée sur les plans d'expériences [6] et établie pendant les travaux de thèse en cours, à plusieurs types de composants dont les circuits intégrés et le MEMS accéléromètre. Cela consiste à définir des plans d'essais accélérés à partir de l'étude des mécanismes de défaillance et du profil de mission spécifique aux dispositifs médicaux implantés actifs [7], de définir les protocoles d'essais associés, puis d'analyser les défaillances observées. Les résultats pourront permettre de définir un modèle de fiabilité par famille de composants en fonction des caractéristiques de conception.

Par la suite, il s'agira de caractériser l'impact des procédés de mise en œuvre (underfill, coating) sur la fiabilité d'un produit qui ne sont pas encore quantifiés [8], [9].

¹ ASIL : Automotive Safety Integrity Level

² SIL : Safety Integrity Level

Afin de parvenir à cet objectif, le principe envisagé est (par profil de mission et par technologie de composant) :

- D'identifier les faiblesses des composants et les modes de défaillance par retour d'expérience ou par analyse recherche,
- De définir des processus de qualification et de validation des composants,
- De définir des méthodes de démonstration de la fiabilité à partir d'essais accélérés de durée de vie ([10], [11], [12] et [13]).

La recherche effectuée apportera une innovation sur les récents procédés de fabrication et d'intégration de systèmes embarqués électroniques de miniaturisation. Elle permettra sur ces évolutions d'améliorer l'implantation d'un composant dans un produit afin d'optimiser sa fiabilité. Elle permettra d'établir des modèles prédictifs de la physique de défaillance associés afin de garantir la fiabilité d'un couple produit/processus. Ces recherches amèneront un gain en compétitivité par la limitation de coûts des qualifications et de test des composants en définissant précisément le « juste besoin ».

Une valorisation des travaux scientifiques est à effectuer notamment dans des revues comme [Microelectronic reliability](#), [Reliability Engineering and System Safety](#), [IEEE Transactions on reliability](#) ou encore [IEEE Transactions on device and materials reliability](#).

Localisation de la thèse :

Le candidat sera situé géographiquement sur le site de Polytech Angers/Université d'Angers à Angers et des déplacements seront à effectuer sur le site de TRONICO à Nantes / St-Philbert-de-Bouaine.

Profil du candidat :

Le candidat devra être titulaire d'une thèse de doctorat spécialisé dans le domaine des sciences de l'ingénieur, de la microélectronique ou éventuellement en mathématiques appliquées avec une première expérience en fiabilité. Il est souhaitable que le candidat à ce poste ait :

- des connaissances en estimation de la fiabilité,
- des connaissances en électronique,
- une expérience en sûreté de fonctionnement,
- des aptitudes à travailler en équipe, communiquer et à rédiger des documents scientifiques (équipe pluridisciplinaire comprenant 3 chercheurs, 1 doctorant),

Le profil est volontairement large et pourra être affiné en fonction des compétences du candidat retenu.

Le candidat devra gérer un équilibre entre la recherche en milieu universitaire et la recherche et développement ainsi que la réalisation d'essais en laboratoire dans le milieu académique et industriel.

Formation/compétences recherchées :

Electronique et microélectronique, Analyse des défaillances
Essais de fiabilité,
Sûreté de fonctionnement,
Optimisation et maîtrise statistique des processus.



TRONICO
ALCEN



Date limite de candidature : 15 février 2023

Présentation de l'établissement recruteur :

Le Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes est une équipe d'accueil EA7315 de l'université d'Angers, composée de 3 équipes interconnectées :

- Systèmes Dynamiques et Optimisation (SDO)
- Information, Signal, Image et Sciences du Vivant (ISISV)
- Sûreté de Fonctionnement et aide à la Décision (SFD)

L'effectif actuel est de :

- 54 enseignants-chercheurs dont 24 HDR
- 3 ingénieurs d'études et 1 ingénieur d'études sur projet
- 1 gestionnaire administrative et financière
- 30 doctorants
- 1 post-doctorant, 1 Attachée Temporaire à l'Enseignement et à la Recherche

Le LARIS regroupe des chercheurs de quatre composantes de l'université d'Angers (Polytech'Angers, IUT, UFR Sciences, ESTHUA), du CHU, de l'UCO et de l'ESAIP. Il est partie prenante dans le Pôle Math-STIC de l'université d'Angers.

Présentation de l'Université d'Angers

Au cœur d'une région reconnue pour sa qualité de vie, l'Université d'Angers, 3^e employeur du territoire, offre un environnement propice à l'épanouissement de ses personnels et étudiants. Membre de la COMUE UBL, l'UA est une université pluridisciplinaire avec un secteur santé, accueillant plus de 25000 étudiants répartis sur 3 campus angevins (Belle-Beille, Saint-Serge et Santé) et 2 campus délocalisés (à Cholet et Saumur). Elle comprend 8 composantes (5 facultés, 1 IUT, 1 école d'ingénieur interne et 1 IAE) et 31 unités et structures fédératives de recherche.

Permettre à ses diplômés de s'épanouir et de trouver un emploi à l'issue de leurs études est une priorité. L'UA ambitionne d'offrir à chacun un accompagnement personnalisé et peut s'enorgueillir du meilleur taux de réussite en licence en France et d'un taux d'insertion de l'ordre de 90%.

Grâce aux nombreux projets innovants qu'elle porte et à son ouverture sur le monde, l'UA permet à chacun d'évoluer dans un environnement stimulant. Son budget annuel est de 156 M€ (dont 123 M€ de masse salariale).

L'UA compte 1134 enseignants et enseignants-chercheurs, 882 personnels administratifs et techniques et près de 2000 vacataires et recherche des acteurs impliqués et audacieux. Vous vous reconnaissez dans les valeurs d'innovation, de citoyenneté, de partage et d'accompagnement ? Rejoignez-nous !

Bibliographie :

- [1] R. C. Fries, *Reliable Design of Medical Devices*. CRC Press, 2016. doi: 10.1201/b12511.
- [2] « CEI IEC 60601 - Appareils électromédicaux », AFNOR, 2007.
- [3] P. RENARD, « De l'aéronautique au médical : une voie tracée par des exigences communes », *DeviceMed.fr*, 17 septembre 2018. https://www.devicemed.fr/dossiers/composants-oem/pompes_electrovannes/de-laeronautique-au-medical-une-voie-tracee-par-des-exigences-communes/17056 (consulté le 8 novembre 2018).
- [4] P. RENARD, « Test de cartes électroniques : un enjeu critique pour le marché médical », *DeviceMed.fr*, 5 septembre 2016. <https://www.devicemed.fr/dossiers/sous-traitance-et-services/electronique/test-de-cartes-electroniques-un-enjeu-critique-pour-le-marche-medical/7460> (consulté le 8 novembre 2018).
- [5] P. RENARD, « Top 5 des tendances en matière de test électronique de DM », *DeviceMed.fr*, 15 mai 2016. https://www.devicemed.fr/dossiers/equipements-de-production-et-techniques-de-fabrication/metrologie_controle/top-5-des-tendances-en-matiere-de-test-electronique-de-dm/6695 (consulté le 8 novembre 2018).
- [6] S. R. E. Azzouzi, A. Kobi, et M. Barreau, « Multi-Response Optimization For Industrial Processes », *Int. J. Eng.*, p. 10, 2013.
- [7] INDMESKINE Fatima-Ezahra, SAINTIS Laurent, KOBİ Abdessamad, BASTID Jean, MARCEAU Hélène, et DOUARD Charlotte, « State of the art of the constraints and assembly processes applicable to electronic components for medical application and reliability qualification », présenté à 42ème Congrès Lambda Mu de l'IMdR, EDF Lab Paris Saclay, oct. 2022.
- [8] S. Barnat, « Etude prédictive de fiabilité de nouveaux concepts d'assemblage pour des " system-in-package " hétérogènes », phdthesis, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2011. Consulté le: 15 avril 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00990889>
- [9] A. Taluy, « Polymères underfills innovants pour l'empilement de puces électroniques. », phdthesis, Université de Grenoble, 2013. Consulté le: 15 avril 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00965616>
- [10] N. M. Chaibati, D. Bigaud, A. Kobi, et H. Colina, « Estimation de la fiabilité d'un Produit avec un Plan d'essais accélérés Optimisé », in *Lambda Mu 21*, Reims, 18/10/18 2018, p. 6. [En ligne]. Disponible sur: <http://okina.univ-angers.fr/publications/ua17091>
- [11] S. Z. Fatemi, F. Guerin, et L. Saintis, « Definition of optimal accelerated test plan », présenté à QUALITA'2011, Angers, France, 03 - 25/03 2011.
- [12] S. Z. Fatemi, F. Guerin, et L. Saintis, « Development of optimal accelerated test plan », in *Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), 2012 Proceedings - Annual*, janv. 2012, p. 1-6. doi: 10.1109/RAMS.2012.6175462.
- [13] J. Al Rashid, L. Saintis, M. Koohestani, et M. Barreau, « Coupling simulation and accelerated degradation model for reliability estimation: Application to a voltage regulator », *Microelectron. Reliab.*, p. 5, sept. 2022, doi: 10.1016/j.microrel.2022.114682.