

Sujet de thèse – Année universitaire 2021-2022

Etude et développement de systèmes d'antennes packagées millimétriques pour de nouvelles applications radar

Laboratoire : Lab-STICC UMR 6285

Début : 1^{er} semestre 2022 - voire Septembre 2022

Financement : Bourse CIFRE – Entreprise Genow

Direction de thèse :

Prof. Christian Person, Lab-STICC/ IMT Atlantique, CS 83818, 29238 Brest cedex 03, France
email : christian.person@imt-atlantique.fr

Mots-clés en français : Radar millimétrique, Antennes MIMO, Conception et synthèse d'antennes réseaux, antenne active à balayage électronique, hyperfréquences, radar, technologies d'intégration 3D, modélisation électromagnétique, conception d'antennes intégrées, packaging

Keywords in English: Millimeter wave radar, MIMO antennas, Design and synthesis of antenna arrays, Active Electronically Scanned Array (AESA) antenna, microwaves, radar, 3D integration technologies, electromagnetic modeling, integrated antennas design, electromagnetic coupling, packaging

1. Présentation synthétique du contexte et du sujet

Le développement de radars dans les bandes de fréquences millimétriques a connu un essor majeur ces 10 dernières années, avec l'arrivée sur le marché de solutions technologiques compatibles avec des marchés de masse. En particulier, les fabricants de composants proposent des puces pour les applications radar Long range dans la bande 76-81GHz intégrant la quasi intégralité de la chaîne d'émission/réception du radar, i.e. le front-end radio, le processeur associé (DSP) et le microcontrôleur (opération de tracking, de classification et de gestion de la communication).

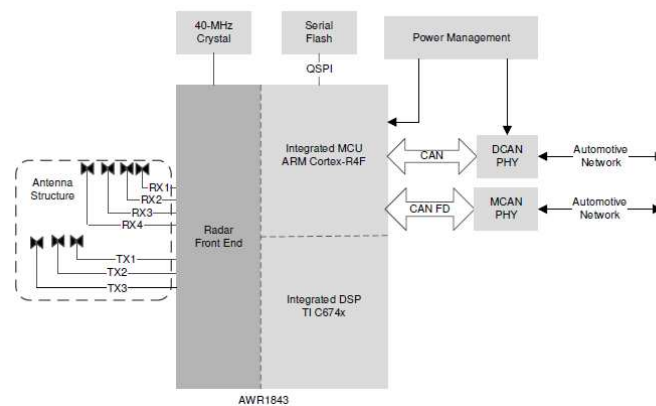
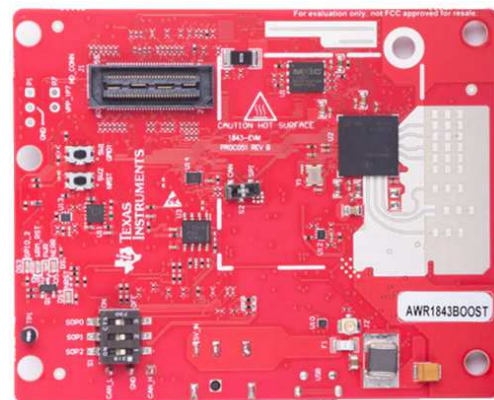


Figure n ° 1 : Exemple de composant radar millimétrique
(AWR1843 Single-Chip 77- to 79-GHz FMCW Radar Sensor ® - Texas Instruments)

Des kits de développement sont d'ailleurs proposés, permettant même de disposer de solutions MIMO avec 3 chaînes d'émission Tx et 4 chaînes de réception Rx.



ref. DesignCore® RS-1843A– D3 Engineering



Ref. Texas Instruments AWR1843BOOST®

Figure n ° 2: Illustration de chipsets radar – Automotive Radar Sensor Evaluation Kit

Suivant les applications visées, il est donc possible d'évaluer les performances de tels radars, et de les exploiter pour de multiples contextes d'usage.

Dans le cadre de ce projet, l'application visée reste encore confidentielle mais ambitieuse de détecter des objets fixes, mais qui engendrent des accidents de manière récurrente faute d'informations en temps réel remontées vers le chauffeur. Il s'agit donc de manière très résumée, de travailler sur un nouveau système embarqué de détection d'objets, sur la base de solutions commerciales génériques de radar millimétriques, permettant de synchroniser les informations d'un environnement router avec celles relatives au véhicule et à son chargement.

2. Problématique scientifique adressée par la thèse

Comme illustré dans les figures précédentes, le composant radar s'appuie sur un certain nombre d'antennes externes, reportées généralement sur un circuit imprimé (PCB), mais donc les fonctionnalités restent limitées aux usages classiques de détection d'obstacle devant le véhicule. Les spécifications en terme de balayage angulaire, d'angles de vue du radar en élévation et en azimuth restent donc relativement limitées, de même que les contraintes de distance, sensibilité,...

Les modules d'antennes restent en ce sens des sous-ensembles du radar pouvant contribuer très fortement aux améliorations globales du système de détection. Nous proposons dans le cadre de cette thèse de travailler sur de *nouvelles approches de conception de ces modules d'antennes, le concept de modules intégrant à la fois les sources élémentaires directement connectées aux accès Radio du composant radar intégré, mais également le boîtier*. Ce dernier peut en effet être fonctionnalisé dans une certaine mesure, i.e. devenir un élément contributif des performances du systèmes antennaire en termes de gain d'antenne, de formation de faisceaux focalisant.

Le laboratoire Lab-STICC UMR CNRS 6285 a une solide expérience dans la conception d'antennes millimétriques, et tout particulièrement dans le contexte d'antennes intégrées, soit directement au cœur du silicium, soit au niveau de la structure d'accueil et de packaging.

Dans la continuité de ces travaux, le **sujet de thèse** proposé concerne **l'étude et l'optimisation solutions de réseaux d'antennes intégrées millimétriques, en travaillant tant sur la maîtrise de la formation de faisceau et de balayage**. L'étude s'appuiera, en outre, sur **la mise en œuvre de technologies nouvelles**, telles que l'impression 3D par exemple. Un point clé sera d'exploiter au mieux tout le potentiel offert par ce type de technologies, afin de développer des solutions originales en réponse aux problèmes de contrôle du diagramme de rayonnement, de maîtrise des lobes secondaires, et d'accroissement des performances en termes de gain et de rendement. Le facteur coût est primordial compte tenu du segment de marché visé. Les techniques de traitement multi-antennes, qui ne sont pas au cœur du sujet de thèse, seront étudiées en parallèles afin de définir les scénarios optimums entre les aspects focalisation et traitement multi-cible ou à large angle de vue longue distance.

3. Objectifs scientifiques et étapes

La thèse pourra se focaliser sur 3 enjeux scientifiques suivants :

- **L'analyse des performances d'une solution radar conventionnelle** : A partir des solutions de radar disponibles sur le marché (un état de l'art préalable sera mené en ce sens), le doctorant pourra mener une première phase de qualification/caractérisation d'une solution radar @ 77GHz, à partir d'une configuration de type démo-board disponible sur le marché.

Cela permettra de mieux identifier les enjeux et attendus au niveau du système antennaire en termes de capacités de traitement multi-voies, de couverture angulaire et de distance.

Un travail spécifique de paramétrage multi-antennes permettra notamment d'estimer précisément les limites de fonctionnement de telles solutions en termes de formation de faisceaux et de capacité de traitement multi-antennes. On examinera également l'intérêt d'une solution bi-radar bi-localisés sur le porteur et les contraintes de synchronisation des données sous-jacentes.

- **Prise en compte de l'environnement d'intégration pour l'implémentation des antennes Rx/Tx :**

A partir des accès Rx/Tx d'un composant radar 77GHz du commerce, il s'agit dans un premier temps de redéfinir les performances en élévation et en azimut pour déjà mieux appréhender la zone à couvrir devant le radar. Ceci permettra de concevoir une première configuration d'antennes-réseaux intégrées sur PCB, suivant éventuellement déjà une approche multicouches pour optimiser les performances de ces sources primaires du réseau antenne.

Suivant les objectifs de gain et de contraintes de couvertures angulaires visées, le doctorant s'attachera à investiguer de nouvelles approches permettant d'exploiter l'environnement immédiat du radar. En l'occurrence, le boîtier supportant ce module est en soi une structure à exploiter pour étendre la surface active équivalente des antennes, et accéder ainsi à des performances significativement accrues.

Les solutions de type radomes, lentilles ou éléments couplés seront investiguées, soulevant au passage les besoins en termes de technologies associées. On cherchera en particulier à s'appuyer sur des procédés industriels de fabrication additive ou de moulage pour développer des structures diélectriques/métalliques volumiques.

Le doctorant sera ainsi amené à qualifier des technologies et notamment les matériaux utilisés en termes de propriétés électriques tout comme les procédés du point de vue maîtrises des dimensions

- **Qualification et intégration d'une solution optimale :**

Parmi les concepts nouveaux qui seront proposés en cours de thèse, il s'agira de converger vers une solution plus aboutie permettant de mener des tests réels. Le doctorant sera en ce sens épaulé par l'équipe technique du partenaire industriel pour mener ces campagnes expérimentales et la phase d'intégration des modules radio sur la plateforme de test.

La thèse se déroulera tantôt au sein du Laboratoire Lab-STICC sur le site de IMT Atlantique – campus de Brest, tantôt au sein de l'entreprise sur son site de Meyreuil.

Références

1. [1] « Christian Person, « mmwave Characterization Contribution to the modelling, the design, the characterization of integrated antennas on Silicon for millimeter wave applications“Workshop MIGAS 2013, Juin 2013, Vercors, France
2. Eric Kerhervé, Nejdât Demirel, Christian Person, Denis Pache, Didier Belot « 80GHz BiCMOS SiGe and 60GHz CMOS SOI PA/Antenna co-Design, ESSCIRC 2012, Bordeaux
3. Christian Person “Antennas on Silicon – a review”, invited paper, IEEE BCTM 2010, EEE BCTM'10, Session “Emerging Technologies”, Town Lake, Austin, October 4-6th 2010
4. Christian Person “Contribution to the modelling, the design and the characterization of integrated antennas on Silicon for mmwaves applications” *Workshop “Silicon Characterization from MHz to THz”, EuMW2010 – Paris, Oct. 2010*

5. A. Muhammad, J. P. Guzman, M. Ney, C. Person, Romain Pilard "Dielectric Resonator Antenna Inside a Package for Millimeter Wave Transmitter System", EuCAP 2013, 7th European Conference on Antenna and Propagation, 8-12 April 2013, Göteborg, Sweden
6. S.A. Muhammad, J. P. Guzman, M. Ney, C. Person, Romain Pilard, Eric Kerhervé, Nejdal Demirel "System in Package Solution with Dielectric Resonator Antenna and Power Amplifier for a 60 GHz High Data Rate Transmitter" EuCAP 2013, 7th European Conference on Antenna and Propagation, 8-12 April 2013, Göteborg, Sweden
7. Annaig Martin-Guennou, Luc Fourtignon, Alessio Balleri, Yves Quéré, Christian Person, , Eric Rius, Guillaume Lesueur, Thomas Merlet "Design and Manufacturing of a 3-D Conformal Slotted Waveguide Antenna Array in Ku-Band Based on Direct Metal Laser Sintering," has been accepted for oral presentation at the 2016 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications, Syracuse (NY), USA on October 23-27, 2016

Candidature :

Compétences : Electromagnétisme, Antennes – Conception RF, CAO haute fréquence, Technologies d'impression additive 3D

Profil attendu: Master ou Ingénieur en Electronique haute fréquence

Le candidat devra faire preuve d'autonomie et présenter un esprit d'initiative marqué. Une bonne maîtrise de la langue française et anglaise est indispensable.

Dates : démarrage de la thèse entre Avril et Septembre 2022 – Durée 36 mois

Contacts

Laboratoire d'accueil : Lab-STICC

Prof. Christian Person

LabSTICC / IMT Atlantique

Technopole Brest Iroise
83818

29238 Brest cedex 03, France

christian.person@imt-atlantique.fr

Partenaire industriel : GENOW

A SMAALI

Genow

Pépinière d'Entreprises Inovantes de Meyreuil CS
100, route des houillères ZA Le Pontet
13590 Meyreuil

a.smaali@genow.fr