

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGÉNIEUR

Par Anthony GHIOTTO

En vue de l'obtention du

**DIPLÔME D'HABILITATION À DIRIGER DES
RECHERCHES**

SPÉCIALITÉ ÉLECTRONIQUE

**COMPOSANTS, CIRCUITS ET SYSTÈMES
RADIOFRÉQUENCES**

Soutenu le 8 décembre 2017

Devant la commission d'examen formée de :

M. AUBERT, Hervé	Professeur, Toulouse INP	Rapporteur
M. DESCAMPS, Philippe	Professeur, ENSICAEN	Rapporteur
M. VERDEYME, Serge	Professeur, Université de Limoges	Rapporteur
M. BOZZI, Maurizio	Professeur, Université de Pavie	Examineur
M. KERHERVÉ, Éric	Professeur, Bordeaux INP	Examineur
Mme VIGNERAS, Valérie	Professeur, Bordeaux INP	Examineur
M. VUONG, Tan-Phu	Professeur, Grenoble INP	Président du Jury
M. WU, Ke	Professeur, Ecole Polytechnique de Montréal	Examineur

Table des matières

Table des matières	3
Liste des acronymes et abréviations	7
Remerciements	11
Avant-propos	13
Introduction	15

ACTIVITE PROFESSIONNELLE

A. Curriculum vitae détaillé	19
1. État civil	19
2. Déroulement de carrière	19
3. Titres et diplômes	20
4. Encadrement	21
5. Production scientifique	21
6. Parcours scientifique	22
7. Reconnaissances, distinctions et prix	28
8. Reconnaissances, distinctions et prix attribués à des étudiants supervisés	29
9. Rayonnement scientifique national et international	30
10. Membre de sociétés scientifiques et techniques	35
11. Montage et participation à des projets de recherche	35
12. Consultations	41
B. Activités d'enseignement et administratives	42
1. Introduction	42
2. Responsabilités pédagogiques et administratives	43
3. Enseignements dispensés	45
4. Perspectives pédagogiques et administratives	50

C. Encadrement doctoral et scientifique	51
1. Encadrement de doctorants	51
2. Encadrement de post-doctorants	58
3. Encadrement d'ingénieurs de recherche et maturation	59
4. Encadrement d'étudiants en master recherche et PFE	60
5. Résumé	63
D. Liste des publications	66
1. Revues internationales invitées avec comité de lecture	66
2. Revues internationales avec comité de lecture	66
3. Revues nationales avec comité de lecture	68
4. Revues nationales à caractère pédagogique	68
5. Brevets	68
6. Direction d'ouvrage et proceedings	69
7. Conférences internationales invitées avec actes	69
8. Workshops, séminaires et notes d'application	70
9. Conférences internationales avec actes	71
10. Conférences nationales avec actes	74
11. Conférences nationales à caractère pédagogique avec actes	77
12. Vidéo à caractère pédagogique	78
13. Mémoires	78
14. Participation à la rédaction de rapports	78
15. Autres communications	79
16. Résumé et indicateurs	80

MEMOIRE D'HDR

1. Introduction	83
2. Composants, circuits et systèmes RFID	85
2.1. Introduction	85
2.2. Les antennes de radio-identification	87
2.2.1. Antennes RFID 50 Ω	87
2.2.2. Antennes de tags RFID UHF passifs	88
2.3. Les systèmes de radio-identification	91
2.3.1. Système actif implémentant un oscillateur stabilisé en température	91
2.3.2. Oscillateur harmonique pour tag RFID actif	93
2.3.3. Système passif MMID	97
2.3.4. Balise répondeuse active pour une application de localisation	99
2.3.5. Balise active pour l'aide à l'atterrissage d'aéronef	100
2.4. Bilan	102
3. Les technologies d'intégration au substrat	103
3.1. Introduction	103
3.2. La technologie SIW	107
3.2.1. Conception de composants SIW accordables	107
3.2.2. Conception de composants SIW tridimensionnels	112
3.2.3. Système SIW d'imagerie millimétrique	117
3.3. La technologie AFSIW	124
3.3.1. Caractéristiques principales d'une ligne AFSIW	125
3.3.2. Conception de composants millimétriques à haut facteur de qualité	128
3.4. Bilan	133
4. Circuits intégrés actifs	135
4.1. Introduction	135
4.2. Développement d'une technologie AsGa submillimétrique	136

4.3. Amplificateurs de puissance intégrés	137
4.3.1. Amplificateurs de puissance UWB	137
4.3.2. Amplificateurs et circuits reconfigurables de puissance BiCMOS	140
4.3.3. Amplificateurs de puissance millimétriques	146
4.4. Driver de modulateur optique pour la photonique sur silicium	147
4.4.1. Architecture du modulateur Mach-Zehnder	148
4.4.2. Conception d'un driver unitaire pour la commande d'un segment de MPHV	150
4.4.3. Le système électro-optique	153
4.5. Instrumentation pour la mesure de circuits actifs	156
4.5.1. Générateur multiharmonique pour NVNA et LSNA	156
4.5.2. Synthétiseur d'impédance à haut VSWR	158
4.6. Bilan	160
5. Travaux futurs et perspectives de recherche	161
5.1. Introduction	161
5.2. Les technologies intégrées au substrat	162
5.2.1. Développement de la technologie AFSIW	162
5.2.2. Autres structures PCB creuses et intégration d'actifs	165
5.2.3. Systèmes millimétriques performants intégrés au substrat	166
5.3. Composants et circuits actifs intégrés	168
5.3.1. Amplificateurs de puissance intégrés	168
5.3.2. Autres circuits actifs intégrés	169
5.3.3. Composants, circuits et systèmes multiharmoniques.....	170
5.4. Liens par guides d'ondes plastiques millimétriques	171
5.4.1. Développement de guides d'ondes plastiques millimétriques	172
5.4.2. Conception d'interconnexions pour guides d'ondes plastiques	173
5.4.3. Composants et circuits pour guides plastiques millimétriques	175
6. Conclusion	177
7. Références	179

Liste des acronymes et abréviations

2,5D	Deux dimensions et demie (pseudo 3D)
2D	Deux dimensions
3D	Trois dimensions
4G	4ème génération de réseau mobile
5G	5ème génération de réseau mobile
AAP-CRA	Appel à projets région aquitaine
ADC	Analog to digital converter
ADS-B	Automatic dependent surveillance-broadcast
AFSIW	Air-filled substrate integrated waveguide
AGIR	Alpes Grenoble innovation recherche
ALTSA	Antipodal linearly tapered antenna
AP	Antenna and propagation
APHC	Average power handling capability
ARTES	Advanced research in telecommunications systems
AsGa	Arséniure de gallium
ASK	Amplitude shift keying
AST	Aquitaine science transfert
BEE Branch	Bordeaux electrical engineering student branch (of IEEE)
BiCMOS	Bipolar complementary metal oxide semiconductor
BPSK	Binary phase shift keying
BQR	Bonus qualité recherche
BRAFITEC	Brésil France ingénieurs technologie
CBCPW	Conductor backed coplanar waveguide
CD	Compact disc
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CFQCU	Conseil franco-québécois de coopération universitaire
CGPA	Cumulative grade point average
CIFRE	Convention industrielle de formation par la recherche
CMOS	Complementary metal oxide semiconductor
CNES	Centre national d'études spatiales
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CNU	Conseil national des universités
CP-FSK	Continuous-phase frequency-shift keying
CPW	Coplanar waveguide
CSH	Circuits et systèmes hyperfréquence
DAC	Digital to analog converter
dc	Direct current
DFSIW	Dielectric filled substrate integrated waveguide
DK	Design kit
DLSIW	Dielectricless substrate integrated waveguide
DUT	Device under test
DVD	Digital versatile disc

EDA	European defence agency
EEA (Club)	Club des enseignants et chercheurs en électronique, électrotechnique et automatique
ENSEIRB-MATMECA	École nationale supérieure d'électronique, informatique, télécommunications, mathématiques et mécanique de Bordeaux
ER	Extinction ratio
ESA	European space agency
ESD	Electrostatic discharge
ESICL	Empty substrate integrated coaxial line
ESISAR	École nationale supérieure en systèmes avancés et réseaux
ESIW	Empty substrate integrated waveguide
EuMA	European microwave association
EVM	Error vector magnitude
FDSOI	Fully depleted silicon on insulator
FMCW	Frequency modulated continuous wave
FR4	Flame resistant 4
FSK	Frequency shift keying
FUI	Fonds unique interministériel
GDR	Groupement de recherche
GIFAS	Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales
GND	Ground
GSM	Global system for mobil
HDR	Habilitation à diriger des recherches
HS	High speed
IAI	Israël aircraft industries
ICBM	International conference of Bordeaux microelectronics
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers
IF	Intermediate frequency
IJMWT	International journal of microwave and wireless technologies
IMS	Intégration du matériau au système (Laboratoire)
INP	Institut national polytechnique
IoT	Internet of things
ISM	Instrumentation science and medical
ISS	International space station
IUT	Institut universitaire de technologie
LAES	Location tracking application for emergency services
LCAMP	Linearised channel amplifier
LCIS	Laboratoire de conception et d'intégration des systèmes
LETI	Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information
LNPA	Low noise power amplifier
LPF	Low pass filter
LRL	Line reflect line
LSNA	Large signal network analyser
LTCC	Low temperature cofired ceramic
LTE	Long term evolution
MASMOS	Technologie CMOS d'ACCO Semiconductor
MEMS	Microelectromechanical systems

MENRT	Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie (de France)
MHMIC	Miniature hybrid microwave integrated circuit
MID	Molded interconnect device
MMID	Millimeter-wave identification
MMZ	Modulateur Mach-Zehnder
MPHV	Modulateur de phase haute vitesse
MRI	Ministère des relations internationales (du Québec)
MTT	Microwave theory and techniques
MV	Medium voltage
NF	Noise figure
NIST	National institute of standards and technology
NVNA	Nonlinear vector network analyser
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing
OMT	Orthomode transducer
OOK	On off keying
ORSYS	Optoelectronic and radiofrequency systems
PA	Power amplifier
PAM	Pulse amplitude modulation
PCB	Printed circuit board
PE	Polyéthylène
PEDR	Prime d'encadrement doctoral et de recherche
PET	Polyethylene terephthalate
PFE	Projet de fin d'études
PhD	Philosophiæ doctor
PIN	Positive intrinsic negative
PinPM	PIN junction phase modulators
PN	Phase noise
Poly-GRAMES	Centre de recherche avancée en micro-ondes et en électronique spatiale
PP	Polypropylène
PPHC	Peak power handling capability
PRAG	Professeur agrégé
PRBS	Pseudo random binary sequence
PS	Polystyrène
PTFE	Polytétrafluoroéthylène (Téflon)
QAM	Quadrature amplitude modulation
QPSK	Quadrature phase shift keying
R&D	Recherche et développement
R&T	Recherche et technologie
RADAR	Radio detection and ranging
RAF	Royal air force
RAFCL	Rectangular air-filled coaxial line
RCS	Radar cross section
RF	Radiofréquence
RFID	Radiofrequency identification
rms	Root mean square

Rx	Récepteur
SATCOM	Satellite communications
SATT	Société d'accélération du transfert de technologies
SE-MMZ	Modulateur Mach-Zehnder segmenté
SiGe	Silicium germanium
SINRD	Substrate integrated non-radiating dielectric
SISL	Substrate suspended integrated line
SISW	Susbrate integrated slab waveguide
SIW	Substrate integrated waveguide
SNR	Signal to noise ratio
SOI	Silicon on insulator
SOL	Short open load
SoS	System on substrate
SRT	Systèmes de radio et télécommunications (option de dernière année de l'ENSEIRB-MATMECA)
TC	Technical committee
TCC	Technical coordinating committee
TD	Travaux dirigés
TE	Transverse electric
TM	Transverse magnetic
TMTC	Telemetry and telecommand
TOS	Taux d'ondes stationnaires
TP	Travaux pratiques
TPC	Technical program committee
TRL	Transmission reflect line (type de calibration)
TRL	Technology readiness level
TSMC	Taiwan semiconductor manufacturing company
Tx	Transmetteur
UHF	Ultra high frequency
ULB	Ultra-large bande
UMR	Unité mixte de recherche
UQAM	Université du Québec à Montréal
URSI	Union radio-scientifique internationale
UWB	Ultra-wide band
VGA	Variable gain amplifier
VHF	Very high frequency
VNA	Vector network analyser
VSWR	Voltage standing wave ratio
WiFi	Wireless fidelity
WiGig	Wireless gigabit alliance
WiMAX	Worldwide interoperability for microwave access
WR	Standard US désignant les tailles de guide d'onde rectangulaire

Remerciements

Je tiens avant tous à remercier l'ensemble des collègues enseignants-chercheurs, enseignants, chercheurs, ingénieurs, techniciens, personnels administratifs, ainsi que les doctorants, les stagiaires et les élèves ingénieurs que j'ai eu le plaisir et la chance de côtoyer pendant ces années, à la fois au laboratoire de recherche LCIS et l'école d'ingénieur ESISAR, au centre de recherche Poly-GRAMES et l'École Polytechnique de Montréal, au laboratoire IMS et l'école d'ingénieur ENSEIRB-MATMECA, mais également les différents collègues avec lesquels j'ai eu le plaisir de travailler dans le cadre de collaborations nationales et internationales. Nombre d'entre eux, cités dans mon mémoire, ont une contribution importante dans les travaux de recherche présentés.

J'ai une pensée toute particulière pour ceux qui m'ont accompagné de près tout au long de mon parcours professionnel, à savoir le Prof. Tan-Phu Vuong et le Prof. Smail Tedjini qui ont respectivement dirigé et co-dirigé ma thèse, le Prof. Ke Wu avec qui j'ai travaillé durant mon post-doctorat et en tant qu'associé de recherche, et le Prof. Eric Kerhervé avec lequel j'ai partagé une grande partie de mes activités de recherche depuis mon intégration au laboratoire IMS.

Je tiens également à remercier le Prof. Hervé Aubert (Toulouse INP), le Prof. Philippe Descamps (ENSICAEN) et le Prof. Serge Verdeyme (Université de Limoges) qui m'ont fait l'honneur de juger ces travaux, ainsi que le Prof. Maurizio Bozzi (Université de Pavie), le Prof. Éric Kerhervé (Bordeaux INP), le Prof. Valérie Vigneras (Bordeaux INP), le Prof. Tan-Phu Vuong (Grenoble INP), et le Prof. Ke Wu (Ecole Polytechnique de Montréal) pour leur participation à ce jury.

Pour finir, j'aimerais profiter de cette opportunité pour exprimer mon amour envers mon épouse et mon garçon, et également toute la gratitude que j'ai envers mes très modestes parents.

Avant-propos

J'exerce le métier d'enseignant-chercheur dont la mission est vaste. Cette dernière consiste à concourir à l'accomplissement des missions de service public de l'enseignement supérieur définies par l'article 4 de la loi 84-52, à savoir la formation initiale et continue, la recherche scientifique et technologique ainsi que la valorisation de ces résultats, la diffusion de la culture et l'information scientifique et technique, la coopération internationale, la participation à la gouvernance des institutions universitaires, l'orientation et l'insertion professionnelle, et la participation à la construction de l'espace européen de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Occupant actuellement la fonction de maître de conférences dans le corps des enseignants-chercheurs, l'habilitation à diriger des recherches (HDR) est une étape importante. En plus de permettre de faire un point sur les activités scientifiques et d'enseignement, et de réaliser une réflexion sur les perspectives de recherche, l'obtention de la HDR, la plus haute qualification universitaire, permet d'acquérir une certaine autonomie, à travers la direction de thèse, une certaine reconnaissance, en permettant de rapporter des thèses, et enfin d'envisager une évolution de carrière, en permettant de soumettre un dossier de qualification, qui après obtention permettra de postuler sur un poste de professeur des universités.

Un dossier de candidature à l'habilitation à diriger des recherches comprend soit un ou plusieurs ouvrages publiés ou dactylographiés, soit un dossier de travaux, accompagnés d'une synthèse de l'activité scientifique du candidat permettant de faire apparaître son expérience dans l'animation d'une recherche. Après avoir parcouru les HDR de plusieurs de mes prédécesseurs, j'ai ainsi organisé mon manuscrit en deux parties, la première étant consacrée à la synthèse de mes activités professionnelles, et la seconde développant de façon synthétique les thèmes de recherche auxquels j'ai contribué et présentant mes perspectives de recherche. Les détails des différents travaux réalisés peuvent être consultés dans les publications et thèse référencées.

Pour finir, j'espère que la lecture de ce manuscrit, ponctué de quelques expressions et tournures empruntées à nos chers « cousins » québécois, vous sera agréable.

Introduction

Maître de conférences à Bordeaux INP depuis septembre 2012, j'enseigne à l'école d'ingénieur ENSEIRB-MATMECA et effectue ma recherche au Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS).

J'ai eu la chance de réaliser un parcours que je qualifierai d'extrêmement riche. En effet, j'ai effectué ma thèse de doctorat au Laboratoire de Conception et d'Intégration des Systèmes (LCIS) sur la thématique des antennes de radio-identification (RFID), réaliser un séjour post-doctoral à l'École Polytechnique de Montréal au centre de recherche Poly-GRAMES sur la thématique des technologies de guide d'ondes intégré au substrat (SIW, pour Substrate Integrated Waveguide), ainsi que des systèmes RFID et d'imagerie passive, occupé un emploi d'associé de recherche dans ce dernier institut durant lequel j'ai également abordé la fabrication en salle blanche de circuits AsGa submillimétriques, avant d'enfin accomplir des travaux de recherche sur les technologies siliciums dans mon emploi actuel.

C'est ainsi que mes activités de recherche, globalement tournées vers les radiofréquences, abordent des aspects allant de la conception de composants et circuits au développement de systèmes. Durant mon parcours, mes travaux ont été successivement développés au sein du groupe ORSYS (Optoelectronic & RF SYStems) du LCIS animé par le Prof. Smail Tedjini, puis le Prof. Tan-Phu Vuong, au sein du groupe du Prof. Ke Wu du centre de recherche Poly-GRAMES, et enfin au sein du groupe CSH (Circuits et Systèmes Hyperfréquence) animé par le Prof. Eric Kerhervé, récemment suivi du Dr. Nathalie Deltimple.

Actuellement, mes enseignements sont principalement orientés vers l'électronique analogique et radiofréquence en cycle ingénieur, et plus particulièrement dans le département d'électronique de l'ENSEIRB-MATMECA, dont j'ai été responsable pendant 4 ans (2013-2017) des échanges internationaux. J'ai eu également la chance d'avoir un parcours en enseignement très riche, à travers mon expérience à l'école nationale supérieure en systèmes avancés et réseaux (ESISAR), une structure à taille humaine (environ 400 étudiants), l'École Polytechnique de Montréal au Canada (plus de 7700 étudiants) et enfin l'école d'ingénieur ENSEIRB-MATMECA (plus de 1200 étudiants).

Ce document fait une synthèse de mon activité professionnelle d'enseignant-chercheur depuis mon doctorat. Une première partie se consacre à mon curriculum vitae détaillé. Elle est dédiée

à une présentation de mes activités d'enseignement, des responsabilités pédagogiques dont j'ai eu la charge, des activités d'encadrement doctoral et scientifique, et à une liste de mes publications. La seconde partie présente l'ensemble de mes activités de recherche et mes principales contributions. Cette partie se conclut par une présentation de mes perspectives de recherche en exposant les axes principaux des futurs travaux identifiés.

Activité professionnelle

A. Curriculum vitae détaillé

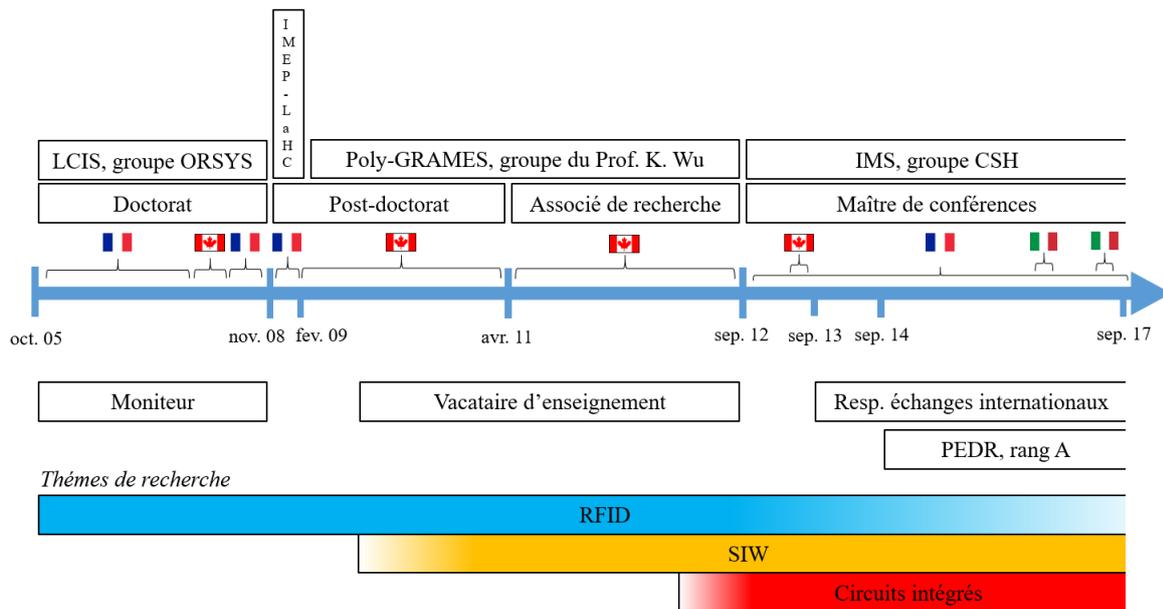
► 1. Etat civil

Prénom et nom	Anthony Ghiotto
Date et lieu de naissance	13 sep. 1982 (35 ans) à Aubenas (07), France
Situation familiale	Marié, un enfant
Coordonnées professionnelles	Laboratoire IMS CNRS UMR5218 351 Cours de la Libération, Bat. A31 33405, Talence, France ☎ : [+33] (0)5 40 00 66 46 @ : anthony.ghiotto@ims-bordeaux.fr

► 2. Déroulement de carrière

Maître de conférences	Section CNU 63, électronique RF et millimétriques Institut Polytechnique de Bordeaux Laboratoire IMS CNRS UMR5218, Talence, France École d'ingénieur ENSEIRB-MATMECA	<i>Depuis sept. 2012</i>
Associé de recherche & Vacataire	Électronique RF et millimétriques Centre de recherche Poly-GRAMES, Montréal, Canada École Polytechnique de Montréal, Canada	<i>Avr. 2011-août. 2012</i>
Post-doctorant & Vacataire	Électronique RF et millimétriques Centre de recherche Poly-GRAMES, Montréal, Canada École Polytechnique de Montréal, Canada	<i>Fév. 2009-mar. 2011</i>
Post-doctorant	Électronique RF Laboratoire IMEP-LaHC CNRS UMR 5130, France	<i>Déc. 2008-jan. 2009</i>
Doctorant & Moniteur	Électronique RF Sous la direction du Prof. T.P. Vuong et du Prof. S. Tedjini Laboratoire LCIS - EA 3747, France Institut Polytechnique de Grenoble, école d'ingénieur ESISAR	<i>Oct. 2005-nov.2008</i>

Résumé de mon parcours professionnel



► 3. Titres et diplômes

Post-doctorat	Électronique RF et millimétriques 2009-2011 <u>Bourse de mérite du Québec</u> École Polytechnique de Montréal, Canada
Doctorat	Electronique RF, bourse ministérielle 2005-2008 <u>Obtenu avec les félicitations du jury</u> Laboratoire LCIS, Institut Polytechnique de Grenoble, France <u>Titre:</u> “Conception d’antennes de tags RFID UHF, application à la réalisation par jet de matière” <u>Superviseurs :</u> Prof. T.P. Vuong (directeur) et Prof. S. Tedjini (co-directeur). <u>Jury :</u> Prof. K. Wu (président), Prof. X. Bégau (rapporteur), Prof. D. Gasquet (rapporteur), Dr. F. Boukour (examineur), Dr. M. Grzeskowiak (examineur).
Master recherche	Électronique RF 2004-2005 Institut Polytechnique de Grenoble, France Dernière année en échange à l’Université Concordia au Canada <u>Mention Très Bien – CGPA à Concordia de 4.24/4.33</u>
Ingénieur	Électronique RF 2000-2005 <u>Major de promotion</u> Institut Polytechnique de Grenoble, école d’ingénieur ESISAR, France

► 4. Encadrement

Une liste détaillée est disponible dans la section C.

Type d'encadrement	Nombre
Thèses co-encadrées soutenues	5
Thèses dirigées en cours	1
Thèses co-encadrées en cours	4
Projets de fin d'études et de master recherche co-encadrés	15
Post-doctorants co-encadrés	2
Ingénieurs de recherche et maturation co-encadrés	3

► 5. Production scientifique

Une liste détaillée est disponible dans la section D.

Type de publication	Nombre
Articles de revues internationales	23 + 4 [#] (dont 18 IEEE incluant 8 Transactions)
Articles de revues nationales	1 + 1*
Brevets	9
Directions d'ouvrages et proceedings	1
Articles invités de conférences internationales	9 [#]
Workshops, séminaires et notes d'application	11
Articles de conférences internationales	46 (dont 13 IEEE MTT IMS)
Articles de conférences nationales	43 + 1*
Total	149

[#]Publications invitées

*Publications d'ordre pédagogique

► 6. Parcours scientifique

⇒ Activités de recherche durant le master recherche

Mon projet de master recherche [M-2], réalisé en 2005, était consacré à l'étude et la réalisation d'un tag semi-actif pour une application RFID (radio-identification). La RFID était alors une technologie émergente. L'intérêt de mon travail par rapport à l'état de l'art a été de proposer une antenne de type patch à polarisation circulaire permettant l'identification d'objets métalliques quelle que soit l'orientation du tag [B-23]. Un second intérêt a concerné le développement d'un tag semi-actif de radio-identification retransmettant les données par rétro-modulation à partir de l'antenne précédemment décrite. J'ai effectué ce travail au Canada dans le cadre d'une collaboration entre l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et l'École Polytechnique de Montréal.

Cette première expérience de recherche a été valorisée par une publication dans une revue internationale [B-23] et une conférence nationale [J-43]. J'ai obtenu d'une bourse Explora Sup de la région Rhône-Alpes pour concrétiser cette première mobilité internationale.

⇒ Activités de recherche durant le doctorat

J'ai réalisé ma thèse de doctorat au laboratoire LCIS de l'Institut Polytechnique de Grenoble entre 2005 et 2008. Durant cette thèse [M-1], j'ai concentré mes efforts sur la conception d'antennes pour les systèmes de radio-identification (RFID) passifs, c'est-à-dire n'ayant pas de source propre d'énergie. Je me suis intéressé à la conception et la mesure de ces antennes très particulières, car non adaptées à l'impédance 50Ω conventionnelle, mais adaptées directement à l'impédance complexe conjuguée des puces RFID. Comparativement à l'état de l'art, j'ai proposé une méthodologie de conception, des méthodes d'adaptation, de mesure et de miniaturisation de ces antennes atypiques. J'ai également travaillé sur la fabrication de ces antennes par l'utilisation d'un procédé additif novateur et potentiellement à faible coût, d'impression d'encre conductrice par jet. On était alors au balbutiement de l'électronique imprimée. J'ai développé des méthodes de caractérisation des propriétés diélectriques de matériaux aux fréquences micro-ondes, nécessaires pour la mise en œuvre de matériaux à faible coût (« non nobles ») dans la réalisation des antennes et également afin de prendre en compte les effets des matériaux des objets auxquels les tags RFID sont associés. J'ai également travaillé sur la conception d'antennes UWB (ultra-wide band) pour les systèmes RFID. J'ai étudié notamment une antenne UWB qui rejette la bande ISM à 5,8 GHz (source d'interférences) et sur la modélisation de ces antennes UWB afin de les prendre en compte dans les modèles des canaux de propagation. Je suis également intervenu dans la conception d'antennes UHF, WiFi et

WiMAX pour applications maritimes et de pico-relais dans les bandes ISM à 868 MHz, 2,45 GHz et 5,8 GHz dans le cadre d'un projet de recherche avec la start-up Hertech.

Pour mon travail de thèse, j'ai obtenu la distinction « Young Scientist Award » de l'Union Radio-Scientifique Internationale (URSI). Mes travaux de thèse m'ont permis de publier 4 revues internationales [B-19]-[B-22], 12 articles de conférences internationales [I-35]-[I-46], et 11 articles de conférences nationales [J-32]-[J-42].

Durant ces trois années de thèse, j'ai eu l'opportunité de réaliser le co-encadrement de 4 étudiants en master recherche ou projet de fin d'études (*Stephan Wilhelm, Stenio Cantalice, Mihai Ionut et Adam Marius*).

Mes travaux de thèse se sont inscrits dans des collaborations de recherche auxquelles j'ai contribué avec les sociétés Ardeje, STMicroelectronics, Ipico et la start-up Hertech. J'ai pu également faire de la consultance pour les sociétés CST-France et MPO en lien avec mes travaux de thèse. Enfin, j'ai pu participer au comité local d'organisation de la conférence internationale OHD2017.

⇒ **Activités de recherche durant mon séjour post-doctoral à l'IMEP-LaHC**

Entre ma soutenance de thèse et mon départ au Canada, je suis ponctuellement intervenu durant deux mois dans un projet de recherche du Prof. T.P. Vuong au laboratoire IMEP-LaHC. Dans le cadre de ce projet, j'ai appliqué mes travaux de thèse pour réaliser la conception de tags RFID UHF passifs pour une application de télépéage.

⇒ **Activités de recherche durant mon séjour à l'École Polytechnique de Montréal**

Entre 2009 et 2012, j'ai mené mes activités de recherche au sein du centre de recherche Poly-GRAMES de Montréal, qui se trouve être le plus avancé et le plus prolifique de mon domaine au Canada. J'ai eu le statut de post-doctorant de février 2009 à mars 2011 (avec une des 10 bourses de mérite pour les étrangers décernées par le gouvernement du Québec dans toutes les disciplines de recherche confondues), puis d'associé de recherche d'avril 2011 à août 2012. Durant cette mobilité internationale, j'ai également réalisé un nombre d'heures d'enseignement conséquent (500h au total en radiofréquences et électromagnétisme) en tant que vacataire à l'École Polytechnique de Montréal. En 2012, j'ai obtenu le prix du meilleur chargé de laboratoire du département de physique. De plus, j'ai été nommé (parmi trois enseignants) pour le prix du meilleur chargé de cours du département de génie électrique de l'École Polytechnique de Montréal.

Durant cette période de trois années et demie, j'ai pu commencer à encadrer avec le Prof. Wu des étudiants au doctorat (*Sulav Adhikari* et *Ali Doghri*) et élargir mes compétences vers les fréquences millimétriques s'étendant de 30 à 300 GHz, ce laboratoire disposant alors d'importants et rares moyens pour la conception, fabrication et mesure de composants et systèmes opérants de 0 à 110 GHz. J'ai pu pleinement étendre mes activités de recherche sur la conception des systèmes RFID actifs (lecteurs et tags), incluant non seulement les antennes, mais aussi les circuits d'émission et de réception, et proposer leur conception aux fréquences millimétriques (MMID). Au sein de l'équipe de recherche du Prof. K. Wu, je me suis fortement impliqué sur des projets de recherche concernant l'accordabilité de composants en technologie guide d'onde intégré au substrat (SIW), la réalisation de composants SIW tridimensionnels, ainsi que l'application de cette technologie émergente pour un système d'imagerie passive (un radiomètre, sans émetteur) opérant aux fréquences millimétriques et permettant la détection d'objets dissimulés à travers les vêtements et les murs. J'ai pu également contribuer au développement d'un procédé de fabrication en salle blanche de circuits AsGa submillimétriques et initier un travail sur l'intégration en technologie silicium de circuits de radio-identification opérants aux fréquences millimétriques (MMID) dans le cadre du montage d'un projet de recherche internationale en collaboration avec l'Université de KU Leuven.

Durant ce séjour international, j'ai eu l'opportunité de réaliser le co-encadrement avec le Prof. Wu de 4 étudiants en master recherche ou projet de fin d'études (*Antoine Pierlot-Garcin*, *Alban Lecarpentier*, *Yong Jian Huang* et *Ahmadreza Jafari*) et de deux doctorant (*Sulav Adhikari* et *Ali Doghri*) dont j'ai poursuivi le co-encadrement après avoir pris ma fonction de maître de conférences au laboratoire IMS de Bordeaux. Ces deux thèses se sont déroulées sur quatre années, ce qui est une durée normale pour une thèse au Canada.

Durant cette période, mes travaux de recherche m'ont permis de publier 1 revue internationale [B-18], 1 brevet [E-9] et 8 articles de conférences internationales [I-27]-[I-34]. *Sulav Adhikari*, que je co-encadrais, a eu un article sélectionné parmi les papiers finalistes de la compétition étudiante de la conférence majeure de mon domaine : IEEE MTT IMS 2012 [I-28]. J'ai également supervisé des groupes d'étudiants auxquels ont été attribués 2 premiers prix de conception lors de compétitions étudiantes de la société IEEE MTT [A-3]-[A-4].

Le Prof. K. Wu, qui dirigeait l'équipe de recherche dans laquelle j'ai travaillé, m'avait confié de 2009 à 2012 l'organisation des réunions hebdomadaires de son groupe de recherche comprenant 17 doctorants et 4 post-doctorants. Il m'avait également confié le montage et le suivi de projets internationaux et nationaux ainsi que la collaboration avec la société Abilis Solution pour l'exploitation du brevet [E-9] concernant un nouveau type de tag RFID, basé sur un oscillateur stabilisé en température.

⇒ Activités de recherche en tant que maître de conférences à Bordeaux INP

Fort de ma très riche expérience acquise à l'international, j'ai souhaité revenir en France en 2012. À ma première année de candidature sur un poste de maître de conférences, j'ai été retenu par le jury de sélection pour un poste à Bordeaux INP au sein de l'école d'ingénieur ENSEIRB-MATMECA et du laboratoire IMS de Bordeaux. Je n'ai pas hésité à accepter cette proposition, étant convaincu que le laboratoire IMS est un des plus exceptionnels en France dans mon domaine. Il dispose de l'ensemble des outils pour la conception de circuits intégrés en technologies silicium les plus avancées grâce à un laboratoire commun STMicroelectronics-IMS. J'ai été extrêmement enthousiaste à l'idée d'intégrer l'équipe de recherche du Prof. E. Kerhervé, de participer à des projets ambitieux d'envergures nationales et internationales, et d'élargir ma recherche en conception de circuits intégrés radiofréquences et millimétriques.

Dès mon intégration au laboratoire IMS, le Prof. E. Kerhervé, alors responsable de l'équipe CSH (Circuits et Systèmes Hyperfréquences), m'a rapidement fait confiance en me faisant contribuer aux projets MIRANDELA (ENIAC), SPHERE (FUI), PADAWAN (EDA) et NADEGE (AEROSAT). Il m'a également très rapidement confié le co-encadrement de thèses de doctorat.

Depuis mon intégration à l'IMS, j'ai intensifié mon activité de recherche sur la conception de circuits intégrés radiofréquences et millimétriques basés sur les technologies silicium nanométriques (jusqu'à 28 nm). Entre 2013 et 2016, j'ai co-encadré la thèse CIFRE de *Jérémie Prades* qui a porté sur la conception d'un driver de modulateur optique 100 Gbits/s sur une seule voie et une unique porteuse optique en technologie silicium. Cette thèse devait se finir fin 2015, cependant, Jérémie se dirigeant vers une carrière industrielle, et en raison de longs délais de fabrication comprenant la réalisation d'une puce SiGe, d'une puce optique et l'assemblage des deux puces, nous avons décidé en accord avec l'étudiant et le partenaire industriel de prolonger la thèse d'une année afin de finaliser la mesure de la puce électro-optique. Jérémie comptait déjà deux articles de revues internationales et un article de conférence internationale. J'ai également co-encadré la thèse CIFRE de *David Polge* entre 2013 et 2016 et co-encadre la thèse de *Fabien Mesquita* depuis 2014 portant toutes deux sur la conception d'amplificateurs de puissance intégrés en technologies siliciums. Depuis décembre 2015, je suis le co-porteur d'un projet européen ESA ARTES 5.1 adressant la conception d'une chaîne d'amplification et de linéarisation d'un tube à onde progressive pour application spatiale envisagée pour la première fois en technologie silicium. Ce projet se fait en collaboration avec Thales Alenia Space, l'ESA et le CNES, avec un soutien supplémentaire obtenu auprès de la région Nouvelle Aquitaine afin d'étendre les travaux de recherche sur ce sujet. Dans le

cadre de ce projet, je co-dirige, avec le Dr. N. Deltimple, le post-doctorant *Manuel Potereau* et l'ingénieur de recherche *Alexandre Marque*.

En parallèle de mon activité en conception de circuits intégrés, j'ai fait émerger une thématique en collaboration avec le laboratoire canadien Poly-GRAMES (qui fournit un accès à ses moyens de fabrication), et le laboratoire français IMEP-LaHC de Grenoble (qui a permis le financement de la thèse ministérielle de *Frédéric Parment*), sur les technologies intégrées au substrat. J'ai proposé une nouvelle technologie de guides d'onde creux intégrés aux substrats (AFSIW pour Air-Filled SIW) qui présente de meilleures performances comparativement aux autres technologies planaires. En 2014, j'ai été contacté par Cobham Microwave avec qui j'ai réalisé un premier projet de recherche avec l'appui de Bordeaux INP (financement du stage PFE d'*Alexandre Marque*). Suite à ce projet, nous avons démarré la thèse de *Tifenn Martin* (que je dirige) et un projet R&T CNES pour travailler sur la conception de filtres spatiaux basés sur la technologie AFSIW. En parallèle, je co-encadre le post-doctorat de *Frédéric Parment* au CNES, qui n'a pas hésité à lui attribuer une de ses trois bourses annuelles de post-doctorat, étant convaincu de l'intérêt des travaux sur l'AFSIW dans l'objectif de faire émerger des technologies PCB millimétriques à haut facteur de qualité pour les applications spatiales du futur. Dans le cadre des activités sur le AFSIW, quatre brevets ont été déposés [E-1]-[E-3] ; [E-7]. J'ai également initié une collaboration avec le laboratoire Microwave Lab des Prof. M. Bozzi et L. Perreggini, dans lequel j'ai effectué deux séjours internationaux de recherche totalisant 2 mois et portant sur le développement de cavités et filtres multimodes AFSIW [B-1], [G-3], [I-4].

Je contribue également avec le Prof. E. Kerhervé à l'émergence d'une thématique de recherche sur les guides plastiques opérant aux fréquences millimétriques. J'ai co-déposé un brevet d'invention sur ce sujet [E-8] et co-encadre la thèse de *Florian Voineau* sur cette thématique. Avec le Prof. E. Kerhervé, nous portons une action de maturation technologique (253 k€) avec Aquitaine Science Transfert, qui a permis l'embauche d'un ingénieur maturation (*Michaël Perchicot*).

Depuis mon arrivée à Bordeaux, j'ai contribué à la publication de 21 revues internationales [A-1]-[A-4] ; [B-1]-[B-17], 33 articles de conférences internationales [G-1]-[G-7], [I-1]-[I-26] et 30 articles de conférences nationales [J-1]-[J-30]. J'ai également contribué au dépôt de huit demandes de brevets [E-1]-[E-8]. J'ai co-écrit un papier [I-15] sélectionné parmi les quatre papiers finalistes de la conférence européenne micro-onde EuMC 2015. Enfin, j'ai été invité sept fois dans des conférences internationales [G-1]-[G-7].

J'ai acquis un certain rayonnement scientifique qui se traduit par la participation dans des comités de programme technique (TPC) de conférences internationales, d'invitations en tant qu'examinateur externe de thèse de doctorat (10 au total), de journaux internationaux, de conférences

internationales, et de demande de financement au niveau national et international. J'ai également été sollicité pour participer dans de nombreux jurys de prix (incluant la conférence nationale JNM 2015, les conférences internationales EuMC 2015 et IMWS 2017 et la distinction étudiante annuelle du chapitre IEEE MTT France). Je suis élu au niveau national à IEEE France et au chapitre IEEE MTT France dont je suis le président de 2017 à 2019. Enfin, j'ai été un des deux éditeurs associés de l'édition spéciale des journées nationales micro-ondes 2015 dans la revue internationale de l'association EuMA International Journal of Microwave and Wireless Technologies (IJMWT, IF most recent: 0,976). Suite à cette expérience, l'éditeur en chef du journal m'a confié le rôle d'éditeur associé depuis juin 2016. Également, depuis 2015, je suis membre du technical coordinating comitte (TCC) de la société MTT de l'IEEE, dont le rôle est de promouvoir les activités des comités techniques. J'ai été invité à partir de cette année à rejoindre les comités techniques « filtres et composants passifs » (TC-8) et « théorie électromagnétique » (TC-15). Pour finir, je vais prendre en charge la fonction de TPC chair de la conférence EuMC 2019.

► 7. Reconnaissances, distinctions et prix

⇒ **PEDR, Rang A**, depuis 2014 (Prime d'Encadrement Doctoral et de Recherche)

⇒ **Membre senior d'IEEE** depuis 2015

⇒ **IEEE SPI 2016 and 2017 Young Investigator Training Program Award**

☞ Prix attribués lors des conférences SPI2016 et 2017. J'ai ainsi eu l'opportunité de réaliser 2x 1 mois de mobilité à l'Université de Pavie où j'ai démarré une collaboration [B-1], [G-3], [I-4]

⇒ **Finaliste du prix du meilleur papier** à la conférence European Microwave Conference (EuMC), pour le papier intitulé "Early demonstration of a high VSWR microwave coaxial programmable impedance tuner with coaxial slugs," Paris, 6-11 Sep. 2015 [I-15]

☞ Un des 4 finalistes sélectionnés parmi les 443 papiers acceptés. Cette conférence internationale, qui compte parmi les plus importantes en RF, a eu un taux d'acceptation de 56%

⇒ **Prix du meilleur chargé de laboratoire** du département de physique de l'École Polytechnique de Montréal en 2012

⇒ **Nominé pour le prix du meilleur chargé de cours** du département d'électronique de l'École Polytechnique de Montréal en 2012 (parmi 3 nominés)

⇒ **Réциpiendaire de la bourse de mérite pour les post-doctorants étrangers** du Québec en 2010

☞ Seulement 10 bourses par année sont décernées pour l'ensemble des domaines scientifiques

⇒ **Young Scientist Award** de l'Union Radio-Scientifique Internationale (URSI), Chicago, USA, 2008

⇒ **Réциpiendaire de 3 bourses Marie Curie** de l'Antenna Center of Excellence entre 2006 et 2008

⇒ **Réциpiendaire d'une bourse Explora Doc** de la région Rhône-Alpes pour un séjour scientifique de 6 mois à l'École Polytechnique de Montréal, Canada, en 2008

► 8. Reconnaissances, distinctions et prix attribués à des étudiants supervisés

⇒ **Finaliste du prix du meilleur papier étudiant** à la conférence IEEE MTT International Microwave Symposium (IMS, la plus importante dans le domaine de la RF) :

S. Adhikari (2012) [1-28]

⇒ **Mention honorable au prix étudiant du chapitre français IEEE MTT :**

T. Martin (2017)

⇒ **Finaliste du prix du meilleur papier étudiant de la conférence European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC) :**

F. Mesquita (2017 – parmi 5 finalistes)

⇒ **Finaliste du prix de thèse de la section électronique du Club EEA :**

F. Parment (2017 – parmi 3 finalistes)

⇒ **Finaliste du prix de thèse de l'école doctorale EEATS de l'Université de Grenoble-Alpes :**

F. Parment (2017 – parmi 3 finalistes)

⇒ **Prix étudiant du chapitre français IEEE MTT :**

F. Parment (2014) et *F. Parment* (2016)

⇒ **Lauréat de la bourse IEEE MTT Graduate Scholarship :**

S. Adhikari (2013)

⇒ **Lauréats de la bourse IEEE MTT Undergraduate Scholarship :**

A. Marque (2014), *L. Thulliez* (2015) et *R. Bouché* (2015)

⇒ **Lauréats de la bourse IEEE MTT PhD Student Sponsorship Initiative :**

J. Prades (2013) et *F. Parment* (2014)

⇒ **3^{ème} prix de la compétition étudiante de vidéo d'IEEE MTT-S :**

S. Allam et *Y. Bahou* (2014)

⇒ **1^{er} prix de compétition étudiante de conception d'IEEE MTT-S :**

K. Wang et *S. Adhikari*, MTT-11 Measurement Competition, 2013

S. Ladan et *N. Ghassemi*, Wireless Energy Harvesting Competition, 2012

S. Adhikari, MTT-11 Measurement Competition, 2012

⇒ **2^{ème} prix de compétition étudiante de conception d'IEEE MTT-S :**

S. Ladan et *N. Ghassemi*, Wireless Energy Harvesting, 2013

⇒ Prix remis à *l'association étudiante EirSpace* : (*Depuis 2013, je conseille les équipes sur les antennes et la télémétrie des fusés dont les conceptions ont été remarquées pour chacun des projets*)

☞ **Prix Planète-Sciences - CNES 2017** pour le projet Demeter

☞ **Prix Espace et Industrie GIFAS - CNES 2015** pour le projet Artemis

☞ **Prix Espace et Industrie GIFAS - SAFRAN 2013** pour le projet Hera

⇒ **Prix de la meilleure branche étudiante 2015 de la société IEEE France** attribué à la *BEE branch* (la branche étudiante IEEE de Bordeaux) dont je suis le conseiller et fondateur

⇒ **Prix du meilleur chapitre 2015 de la société Microwave Theory and Techniques de l'IEEE** attribué au *chapitre MTT de la BEE branch* dont je suis le conseiller et fondateur

► 9. Rayonnement scientifique national et international

⇒ Organisation de conférences :

- Sept. 2015 : membre du Comité local d'organisation des 3 conférences : European Microwave Conference (EuMC), European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC) et European Radar Conference (EuRAD)
- Juin 2015 : membre du comité local d'organisation, Sponsor & Exhibition Chair (71 k€), et Best Paper Chair des 19^{èmes} Journées Nationales Micro-ondes, 528 participants / 16 exposants
- Oct. 2014 : membre du comité local d'organisation de la première IEEE Bordeaux Student Branch Week (BEE Week)
- Mai 2014 : membre du comité local d'organisation, Sponsor Chair et Exhibition Chair du Forum BRAFITEC (280 participants / 4 exposants)
- Sept. 2007 : membre du comité local d'organisation et website manager de la 19^{ème} conférence internationale « Optique, Hertzienne et Diélectriques » (OHD 2007)

⇒ Membre de Technical Program Committee (TPC member) :

- International workshop on microwave filters (IWMF) - ESA/ESTEC, Noordwijk, avr. 2018
- IEEE international conference on numerical electromagnetic and multiphysics modelling and optimization for RF, Microwav and Therahartz applications (NEMO) - Sevilla, Spain, 2017
- IEEE international microwave workshop series on advanced material and processes (IMWS) - Pavia, Italie, 2017
- International conference on advanced technologies for communications (ATC) - Vietnam, 2017

⇒ Fonction à IEEE MTT-S :

- Membre du Technical Coordinating Committee (TCC) depuis 2015
- Membre invité du Technical Committee Filters and Passive Components (TC-8) en 2017
- Membre invité du Technical Committee Microwave Field Theory (TC-15) en 2017

⇒ Chairman dans les conférences et workshop:

- IEEE MTT IMS, WFF workshop, “*Emerging transmission line technologies for interconnect, components, circuits and systems*”, Jun. 2017
- IEEE MTT IMWS Conference, Session FA3, “*High performance air-filled substrate integrated circuits (SIC)*”, Sep. 2017
- IEEE MTT NEMO Conference, Session FA3, “*SIW filters and interconnections*”, May 2017
- Poster Chair des conférences internationales IEEE EuMC2015, EuMIC2015 and EuRAD2015
- IEEE European Microwave Conference, Session EuMC32, “*Linear and nonlinear modelling techniques*”, Sep. 2015

- IEEE European Microwave Conference, Session EuMC/EuMIC08, “*Emerging techniques for parametric tuning and frequency stability*”, Sep. 2015
- IEEE European Microwave Conference, Session EuMC01, “*Novel microwave technologies for antennas*”, Sep. 2015
- URSI Atlantic Radio Science Conf., Session “*Devices and techniques for RF, microwave and photonics I*”, May 2015
- IEEE MTT 8th Global Symposium on Millimeter-Waves, Special Session T2-A, “*SIW/SIC components and systems at millimeter waves*”, May 2015
- IEEE MTT 8th Global Symposium on Millimeter-Waves, Session W3-B, “*Millimeter-wave, THz and photonic systems & applications-III*”, May 2015
- 19^{èmes} Journées Nationales Micro-Ondes, Session B2P-H, “*Nouvelles technologies et applications*”, Bordeaux, Jun. 2015

⇒ **Conférencier invité (8 au total) :**

Cf. la liste des publications en section D

⇒ **Mobilités internationales (59 mois au total ; 57 au Canada et 2 en Italie) :**

- Microwave Lab, Université de Pavie, Italie *1 mois en 2017*
Séjour de recherche, équipe du Prof. M. Bozzi et du Prof. L. Perregrini
Étude théorique de cavités Air-Filled SIW bi-modes et application à la conception de filtres
- Microwave Lab, Université de Pavie, Italie *1 mois en 2016*
Séjour de recherche, équipe du Prof. M. Bozzi et du Prof. L. Perregrini
Étude théorique de structures Air-Filled SIW
- Poly-GRAMES, École Polytechnique de Montréal, Canada *Juin-août 2013*
Séjours de recherche, équipe du Prof. K. Wu
Étude sur les structures SIW accordables et tridimensionnelles
- Poly-GRAMES, École Polytechnique de Montréal, Canada *Avril 2011-septembre 2012*
Associé de recherche, équipe du Prof. K. Wu
Technologie SIW, Systèmes RFID actifs et millimétriques (MMID), Diode THz AsGa
- Poly-GRAMES, École Polytechnique de Montréal, Canada *Février 2009-mars 2011*
Post-doctorat, équipe du Prof. K. Wu
Système RFID actif, Système d'imagerie passif millimétrique, Technologie SIW
- UQAM et École Polytechnique de Montréal, Canada *Mai 2005-août 2005*
Projet de fin d'études, équipe du Prof. K. Wu et du Prof. M. Bourry
Conception d'un tag RFID actif
- Université Concordia, Canada, *Septembre 2004-avril 2005*
Étudiant en master recherche, échange international

⇒ Éditeur associé invité de journaux scientifiques internationaux :

- EuMA International Journal of Microwave and Wireless Technologies, édition spéciale - journées nationales micro-ondes 2015 (IF most recent: 0.976)

⇒ Éditeur associé de journaux scientifiques internationaux :

- EuMA International Journal of Microwave and Wireless Technologies (IF most recent: 0.976)
- depuis juin 2016

⇒ Examineur d'ouvrages :

- Cambridge University Press, 1 examen en 2013

⇒ Examineur de journaux scientifiques internationaux (*impact factor) :

- IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 52 examens depuis 2008 (2,533*)
- IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 23 examens depuis 2012 (1,887*)
- IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 29 examens depuis 2013 (2,897*)
- EuMA International Journal of Microw. and Wireless Tech., 6 examens depuis 2013 (0,976*)
- ETRI Journal, 4 examens depuis 2015 (0,912*)
- IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 5 examens depuis 2016 (2,957*)
- IEEE Transactions on Circuits and Systems II, 1 examen depuis 2016 (1,660*)
- IET Electronics Letters, 6 examens depuis 2016 (1,155*)
- IEEE Microwave Magazine, 1 examen depuis 2017 (3,029*)

⇒ Examineur de conférences scientifiques internationales et nationales :

- IEEE international conference on numerical electromagnetic and multiphysics modelling and optimization for RF, Microwave and Terahertz applications (NEMO) - depuis 2017
- IEEE international microwave workshop series on advanced material and processes, en 2017
- International conference on advanced technologies for communications (ATC), en 2017
- IEEE European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC), depuis 2015
- IEEE International Wireless Symposium (IWS), en 2014 et 2015
- Journées Nationales Micro-Ondes (JNM), depuis 2015
- IEEE CASS-S, International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS 2014, Melbourne, Australie
- WUSPE, International Workshop on Wireless Communications and User centered Services in Pervasive Environments 2013, Hanoi, Vietnam
- IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference, IMOC 2011, Natal, Brésil

⇒ Invitation d'établissements étrangers à caractère scientifique et technologique :

- Expert pour la fondation de recherche flamande (Flanders Wetenschappelijk Onderzoek, FWO), 1 examen en 2013, en 2015 et en 2017
- Expert pour le conseil de recherche de l'Université KU Leuven, 1 examen en 2013
- Expert pour le conseil franco-québécois de coopération universitaire, 1 examen en 2017

⇒ Invitation d'établissements nationaux à caractère scientifique et technologique :

- Expert pour l'ANRT (Association nationale de la recherche et de la technologie), 2 examens en 2014
- Expertise pour l'Université Grenoble Alpes, "AGIR - Appel à Projets Grenoble Innovation Recherche," 1 examen en 2016

⇒ Fonctions électives :

- Elu adjoint au vice-président étudiant de la section IEEE France de 2017 à 2020
- Elu adjoint au vice-président conférence de la section IEEE France de 2014 à 2017
- Elu président du chapitre français de la société MTT de IEEE de 2017 à 2019
- Elu secrétaire du chapitre français de la société MTT de IEEE de 2015 à 2017
- Elu au bureau du chapitre français de la société MTT de IEEE de 2013 à 2015

⇒ Membre invité de jurys de prix de conférences internationales et nationales :

- Co-chair des prix des meilleurs papiers de l'IEEE IMWS Conference 2017
- Co-chair du prix étudiant du chapitre français de la société Microwave Theory and Techniques de IEEE depuis 2013
- Chair des prix des meilleurs papiers des Journées Nationales Micro-ondes 2015
- Membre du jury des "Young Engineer Prizes" à la conférence EuMC 2015

⇒ Membre invité extérieur de jury de thèse (10 au total) :

- Zhening YANG, "Technologie sur substrat souple pour applications en ondes millimétriques," Université de Toulouse, Laboratoire LAAS, 19 décembre 2016
- Guillaume VIGNEAU, "Étude et modélisation d'un système de transmission d'énergie par couplage inductif pour des systèmes électroniques dans l'environnement automobile," Université de Toulouse, Laboratoire LAAS, 12 juillet 2016
- David HOTTE, "De la RFID à la MMID 60 GHz : contribution au développement de l'identification par onde radiofréquence en bande millimétrique," Grenoble INP, Laboratoire LCIS, 24 novembre 2015
- Aline COELHO DE SOUZA, "Conception d'antennes et méthode de caractérisation des systèmes RFID UHF en champ proche et en champ lointain," Grenoble INP, Laboratoire IMEP-LaHC, 7 octobre 2015

- Kawtar BELMKADDEM, “Contrôle des antennes miniatures,” Grenoble INP, Laboratoire IMEP-LaHC, 11 mai 2015
- Ahmadreza JAFARI, “Nouvelle méthode d'estimation des différences de temps d'arrivée pour la localisation des objets connectés haut débit,” Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire L2E, 2 mars 2015
- Thanh Huong NGUYEN, “Conception d'un système de navigation sans fil à faible consommation pour les personnes malvoyantes,” Grenoble INP, Laboratoire IMEP-LaHC, 14 novembre 2014
- Ines KHARRAT, “Modélisation et réalisation d'un système de récupération d'énergie imprimé ; Caractérisation hyperfréquence des matériaux papiers utilisés,” Grenoble INP, Laboratoire IMEP-LaHC, 15 septembre 2014
- Evanaska Maria BARBOSA NOGUEIRA, “Conception d'un système d'antennes pour la localisation en temps réel avec un réseau de capteurs sans fils,” Grenoble INP, Laboratoire IMEP-LaHC, 13 décembre 2013
- Le Minh THUY, “Contribution à la conception d'un système d'identification et de classification de véhicules par les ondes électromagnétiques,” Grenoble INP, Laboratoire IMEP-LaHC, 27 mars 2013

⇒ **Conseiller d'associations étudiantes à caractères scientifiques et technologiques :**

- Fondateur et conseiller de la branche étudiante IEEE de Bordeaux (BEE Branch) depuis 2014
- Fondateur et conseiller des chapitres MTT et AP de la branche étudiante IEEE de Bordeaux depuis 2014
- Conseiller d'EirSpace depuis 2013 - Conception de fusées expérimentales pour le concours C'Space du CNES

► 10. Membre de sociétés scientifiques et techniques

- Membre du **club EEA**
- Membre des groupes de recherche du CNRS : **GdR Ondes** et **GdR SOC SIP**
- Membre de l'association européenne micro-ondes (**EuMA**) depuis 2007
- Membre de **IEEE** depuis 2005 – Sociétés: **Microwave Theory and Techniques, Antenna and Propagation, Solid-State Circuits Society, Circuits and Systems Society**
- Membre de l'**ordre des ingénieurs du Québec** et de la **société des Sept Gardiens** des ingénieurs du Canada depuis 2011

► 11. Montage et participation à des projets de recherche

⇒ Projets internationaux :

☞ **Projet ESA ARTES 5.1 (500 k€)** *Décembre 2015-décembre 2017*

Titre : *Highly integrated channel amplifiers and linearisers based on silicon technology*

Partenaires : Thales Alenia Space, l'ESA et le CNES

Rôle : Participation au dépôt du projet, à son suivi et à l'encadrement d'un post-doctorant et d'un ingénieur avec le Dr. Deltimple

Résumé : L'objectif de ce projet est de démontrer la faisabilité d'une solution silicium pour la conception d'un module d'amplification et de linéarisation de canaux mis en œuvre dans les satellites de télécommunication, et actuellement basé sur des solutions AsGa. Le projet consiste en l'identification de la technologie silicium européenne la plus appropriée, la conception des fonctions en bande Ka, la fabrication et le test des circuits.

☞ **Projet SIMCLAIRS - PADAWAN** *Octobre 2012-décembre 2013*

Titre : *Wideband power amplifier in SiGe technology*

Partenaires : Thales Systèmes Aéroportés

Rôle : Contributeur et participation aux réunions d'avancement à partir d'octobre 2012

Résumé : L'objectif de ce projet est de démontrer la faisabilité de fonction d'amplification en bande X en technologie SiGe. Le Prof. E. Kerhervé m'a confié à mon arrivée la caractérisation des circuits réalisés par un post-doctorant.

- ☞ **Projet ENIAC - MIRANDELA** *Septembre 2012-mai 2014*
Titre : *Millimeter-wave and radio-frequency integration in nanoelectronics for modern wireless 5G communications*
Partenaires : STMicroelectronics
Rôle : Contributeur et participation aux réunions d'avancement à partir de septembre 2012
Résumé : L'objectif de ce projet est de démontrer la faisabilité de fonction d'amplification à 60 GHz en technologie CMOS 28 nm. Le Prof. E. Kerhervé m'a confié à mon arrivée la caractérisation des circuits réalisés par B. Leite.
- ☞ **Projet collaboratif Québec-France du FCQCU (31 k€)** *Janvier 2013-mars 2015*
Titre : *Technologies millimétriques innovantes*
Partenaires : Poly-GRAMES (Montréal) et IMEP-LaHC (Grenoble)
Rôle : Montage du projet, contribution et rédaction du rapport de fin de projet avec le Prof. K. Wu et le Prof. T.P. Vuong
Résumé : J'ai réalisé le montage de ce projet alors associé de recherche dans l'équipe du Prof. K. Wu. Ce projet a pour objectif de favoriser l'échange de chercheurs et d'étudiants entre les laboratoires québécois et français sur la thématique des technologies millimétriques innovantes. J'ai pu dans le cadre de ce projet, faire une mobilité à Montréal en 2013. J'ai également contribué à la rédaction du rapport final.
- ☞ **Projet collaboratif Québec-Flandre du MRI (366 k\$can)** *2012-2015*
Titre : *MMID – Millimeter-wave radio-identification*
Partenaires : Université Ku Leuven
Rôle : Montage du projet (repris par un associé de recherche me succédant) avec le Prof. K. Wu
Résumé : L'objectif de ce projet est de réaliser des systèmes d'identification aux fréquences millimétriques dit MMID. Ce projet comprend l'étude de tags RFID passifs avec et sans puces, ainsi que les lecteurs millimétriques associés.
- ☞ **Projet collaboratif Québec-Flandre du MRI (10 k\$can)** *2010-2012*
Titre : *Millimeter-wave radio-identification et capteurs pour le suivi médical de patient*
Partenaires : Université Ku Leuven
Rôle : Montage, suivi et rédaction du rapport final du projet avec le Prof. K. Wu
Résumé : L'objectif de ce projet est d'initier une collaboration de recherche avec l'institut partenaire. Cette collaboration s'est faite sur les thématiques des systèmes d'identification aux fréquences millimétriques et de suivi à distance de patient par une fonction radar. Ce projet a permis l'échange de chercheur et d'étudiant entre les partenaires.

⇒ Projets nationaux :

- ☞ **Membre du laboratoire commun STMicroelectronics-IMS** *Depuis 2012*
Animateur des activités photoniques sur silicium et guide plastique millimétrique
- ☞ **Programme Nano 2017** *Janvier 2014-décembre 2017*
Titre : *Silicon Photonics ; Driver de modulateur électro-optique*
Partenaires : STMicroelectronics
Rôle : Contributeur
Résumé : L'objectif de ce projet est de réaliser la conception d'un modulateur électro-optique à très haut débit sur silicium. Dans le cadre de ce programme, j'ai effectué la co-direction d'une thèse.
- ☞ **Projet de maturation technologique de la SATT-AST (253 k€)** *Février 2017-février 2018*
Titre : *Système de guide d'ondes plastique pour le transfert de données à haut débit*
Partenaires : SATT Aquitaine Science Transfert (AST)
Rôle : Suivi avec le Prof. E. Kerhervé et M. J. Chartier d'AST
Résumé : L'objectif de ce projet est de réaliser la maturation technologique du brevet [E-8]. Ce projet permet l'embauche d'un ingénieur maturation dont le rôle est de nous accompagner dans la caractérisation et la fabrication de structures guidées et de définir le placement marché de cette technologie.
- ☞ **Projet industriel de recherche (10 k€)** *Février 2016-juillet 2017*
Titre : *Miniaturisation d'une balise répondeuse radar*
Partenaires : Thales Systèmes Aéroportés
Rôle : Porteur
Résumé : L'objectif de ce projet est de réaliser la miniaturisation de la balise répondeuse radar mettant en œuvre le brevet [E-4] déposé dans le cadre du précédent projet. Dans ce projet, j'ai effectué l'encadrement d'un étudiant en projet de fin d'études.
- ☞ **Projet de recherche (3 k€)** *Février 2016-juillet 2017*
Titre : *Guide et dispositifs passifs basés sur la technologie guide plastique*
Rôle : Porteur
Résumé : Ce projet financé par Bordeaux INP a permis l'embauche d'un stagiaire pour soutenir l'activité sur la technologie guide plastique. L'objectif a été de participer à la caractérisation et modélisation de structures en guide plastique.

- ☞ **Projet AAP-CRA – CALISSON (46 k€)** *Novembre 2016-novembre 2017*
Titre : *Nouvelle chaîne d'amplification et de linéarisation intégrée en technologie silicium pour satellite de télécommunications*
Partenaires : Thales Alenia Space, l'ESA et le CNES
Rôle : Participation au dépôt du projet, à son suivi et à l'encadrement d'un post-doctorant avec le Dr. Deltimple
Résumé : Ce projet régional est venu en soutien du projet ESA ARTES 5.1. Le soutien de la région a été obtenu dans l'objectif d'évaluer des architectures de circuit en rupture pour la chaîne d'amplification et de linéarisation.
- ☞ **Projet R&T CNES (154 k€)** *Février 2017-février 2019*
Titre : *Filtre Air-Filled SIW pour application spatiale*
Partenaires : Cobham-Microwave, IMEP-LaHC (Grenoble INP) et le CNES
Rôle : Participation au dépôt du projet et à son suivi
Résumé : L'objectif de ce projet est d'évaluer la technologie Air-Filled SIW pour les applications spatiales. J'ai proposé cette technologie à Cobham Microwave avec qui nous avons monté le projet.
- ☞ **Projet industriel de recherche (7 k€)** *Février 2016-juillet 2016*
Titre : *Balise radar intégrée dans un aéronef*
Partenaires : Thales Systèmes Aéroportés
Rôle : Porteur
Résumé : L'objectif de ce projet est de réaliser une balise répondeuse pour ajouter une fonction d'identification à un radar d'aide à l'atterrissage. Dans le cadre de ce projet, j'ai effectué l'encadrement d'un étudiant en projet de fin d'études. Ce projet a fait l'objet d'un dépôt de brevet [E-4].
- ☞ **Projet de recherche industriel (3 k€ + 3 k€)** *Janvier 2015-août 2015*
Titre : *Guide d'onde intégré au substrat pour application spatiale*
Partenaires : Cobham Microwave
Rôle : Porteur
Résumé : Avec le soutien de Bordeaux INP (3 k€) et de Cobham Microwave (3 k€), ce projet a permis l'encadrement d'un stage dont l'objectif était de concevoir, réaliser, tester et comparer des lignes et filtres SIW et SIW Creux dans l'objectif d'une application spatiale.

- ☞ **Projet FUI – FELIN (900 k€)** *Octobre 2014-octobre 2017*
Titre : *Amplificateur de puissance intégré pour application LTE*
Partenaires : ACCO
Rôle : Contributeur, participation aux réunions d'avancement, et co-encadrement d'une thèse avec le Prof. E. Kerhervé
Résumé : L'objectif de ce projet est d'appliquer la technologie MASMOS dont est propriétaire ACCO pour la conception d'amplificateur de puissance hautement performant pour le LTE, dans l'objectif final d'une application drone.
- ☞ **Projet FUI – ELISE (220 k€)** *Février 2014-août 2016*
Titre : *Radio pour nanosatellite en bande S*
Partenaires : Nexeya
Rôle : Contributeur, participation aux réunions d'avancement, et co-encadrement d'un étudiant en PFE avec le Prof. T. Taris
Résumé : L'objectif de ce projet consiste en la réalisation d'un module de télémétrie et télémétrie (TMTC) pour un nanosatellite en technologie PCB. Dans le cadre de ce projet, j'ai réalisé le co-encadrement d'un étudiant en PFE sur la partie transmission.
- ☞ **Projet FUI – NADEGE** *Septembre 2012-février 2014*
Titre : *Démonstration d'un transmetteur pour nanosatellite en bande S*
Partenaires : Silicom et Atlantic Innovation
Rôle : Contributeur, participation aux réunions d'avancement, et co-encadrement d'un ingénieur avec le Prof. E. Kerhervé
Résumé : L'objectif de ce projet consiste en la démonstration d'une maquette de transmetteur de télémétrie et télémétrie (TMTC) pour un nanosatellite en technologie PCB. Dans le cadre de ce projet, j'ai réalisé le co-encadrement d'un ingénieur.
- ☞ **Projet FUI – SPHERE** *Septembre 2012-août 2013*
Titre : *Amplificateur de puissance faible bruit pour un système de localisation sans fil*
Partenaires : CEA-Cesta
Rôle : Contributeur
Résumé : Je suis intervenu à la fin de ce projet pour réaliser le packaging de la solution mise en œuvre.

- ☞ **Projet de recherche industriel (200 k\$can + 200 k\$can)** 2011-2012
Titre : *Système de localisation par RFID active*
Partenaires : Abilis Solution, www.abilis.ca
Rôle : Montage et suivi du projet (repris par un associé de recherche me succédant) avec le Prof. K. Wu
Résumé : L'objectif de ce projet a été la mise en œuvre du brevet d'oscillateur stabilisé en fréquence [E-9] pour une application de localisation par RFID active. Ce projet soutenu par la société Abilis (200 k\$can) et le CRSNG (200 \$can) a été retenu. J'ai débuté le suivi du projet qui a ensuite été confié à un associé de recherche me succédant.
- ☞ **Projet Stratégique du Canada** Février 2009-septembre 2010
Titre : *Low-cost integrated millimetre-wave imaging technique for advanced wireless sensing and security applications*
Rôle : Contributeur et co-encadrement d'un doctorant avec le Prof. K. Wu
Résumé : L'objectif de ce projet a été de démontrer l'intérêt des technologies SIW dans la conception d'un système d'imagerie passif millimétrique.
- ☞ **Collaboration industrielle de recherche** 2007-2008
Titre : *Conception et réalisation de tags RFID UHF passifs par impression jet de matière*
Partenaires : Ardeje
Rôle : Contributeur
Résumé : Cette collaboration de recherche effectuée dans le cadre de ma thèse a permis de développer une solution d'impression par jet d'encre conducteur afin de réaliser un tag RFID imprimé par jet d'encre.
- ☞ **Projet industriel de recherche** 2007-2008
Titre : *Conception et caractérisation d'antennes de tags RFID UHF passifs*
Partenaires : STMicroelectronics
Rôle : Contributeur
Résumé : Cette collaboration de recherche a permis de mettre en œuvre des puces RFID de STMicroelectronics pour la conception de tag RFID UHF.
- ☞ **Projet industriel de recherche** 2007-2008
Titre : *Conception et caractérisation d'antennes de tags RFID UHF passifs*
Partenaires : Ipico, www.ipico.com
Rôle : Contributeur
Résumé : Cette collaboration de recherche a permis de mettre en œuvre des puces RFID de Ipico pour la conception de tag RFID UHF.

☞ **Projet industriel de recherche** 2006-2007

Titre : *Conception d'antennes pour les télécommunications maritimes et pico relais*

Partenaires : Hertech (Start-up), www.antenne-hertech.eu

Rôle : Contributeur

Résumé : L'objectif de ce projet a été de concevoir des solutions antennaires pour des liaisons WiFi et WiMAX maritime et terrestre, ainsi que des solutions de relais GSM pour remédier aux zones blanches.

☞ **Collaboration BQR OCELO (Objets Communicants Et Localisation)** 2005-2006

Titre : *Objets communicants – Expérimentations technologiques et spécifications*

Partenaires : ICP, IMEP, LAG, LEG, LIS, TIMA

Rôle : Contributeur

Résumé : OCELO était un projet de recherche (soutenu par un BQR de Grenoble INP en 2005) qui avait pour ambition de spécifier, concevoir et prototyper des objets communicants, avec un accent particulier sur leur localisation en intérieur. Ce projet a fédéré les expertises de plusieurs laboratoires universitaires de la région grenobloise et Rhône-alpine. L'approche retenue était multidisciplinaire, chaque laboratoire apportant son expertise. Le LCIS a contribué à l'évaluation du potentiel de la RFID pour la localisation.

► 12. Consultations

⇒ **Société SOS Finder**, www.sosfinder.com, “Localisateur d'objet Buzz Finder”, 2010

⇒ **Société CST France**, www.cst.com, “Simulation d'antennes RFID pour tag passif”, benchmark pour un client de CST, 2008

⇒ **Société MPO**, www.mpo.fr, “Étude d'un tag RFID à 13,56 MHz pour l'identification de CD et de DVD”, 2006

B. Activités d'enseignement et administratives

► 1. Introduction

En 2002, Mme I. Boulay, professeure agrégée en mathématiques à l'école d'ingénieur ESISAR de Grenoble INP, m'a offert ma première expérience d'enseignement en cycle supérieur. Elle n'a pas hésité à me confier un poste de vacataire durant deux années pour compléter l'équipe de tuteur de Khôlles du cycle préparatoire intégré (constituée exclusivement de professeurs agrégés), alors que j'étais élève ingénieur en première année.

Cette expérience, en plus de ma curiosité pour les sciences, m'a conforté dans l'idée de réaliser un monitorat à l'enseignement supérieur, qui m'a permis de me former au métier d'enseignant chercheur. J'ai effectué mon service de monitorat à l'ESISAR, une école d'ingénieur qui fait partie du regroupement de Grenoble INP. Cette école est une école en 5 ans qui recrute au niveau baccalauréat pour son cycle préparatoire intégré et également au niveau bac +2.

Lors de ma mobilité internationale au Canada entre 2009 et 2012, ayant pour objectif une carrière d'enseignant chercheur, j'ai souhaité poursuivre une activité d'enseignement. J'ai alors eu la chance de très rapidement avoir des vacances à l'École Polytechnique de Montréal, établissement d'enseignement supérieur d'ingénierie affilié à l'Université de Montréal et plus importante institution de recherche francophone en Amérique du Nord. À ce titre, j'ai pu m'immerger et m'imprégner des méthodes d'enseignement de cet institut, qui compte plus de 7700 étudiants, notamment en participant aux différentes formations offertes par le bureau d'appui pédagogique (BAP), constitué de docteurs en pédagogie. J'ai pu consulter à titre personnel le BAP afin de mieux comprendre les méthodes d'enseignement nord-américaines et améliorer mes méthodes pédagogiques, notamment à travers l'utilisation de sites Moodle dédiés à chaque enseignement.

Depuis 2012, j'ai la chance d'exercer la fonction de maître de conférences à l'école d'ingénieur en 3 ans ENSEIRB-MATMECA qui fait partie du regroupement de Bordeaux INP. Cette école recrute au niveau bac +2 des étudiants issus de classes préparatoires sur Concours Commun Polytechnique et étudiants issus d'IUT ou Licence sur dossier.

Cette partie de mon manuscrit de HDR se consacre à une présentation des responsabilités pédagogiques et administratives exercées ainsi que des enseignements donnés depuis le début de ma carrière.

► 2. Responsabilités pédagogiques et administratives

► À l'Institut Polytechnique de Bordeaux (à partir de septembre 2012) :

- ⇒ Responsable de la mobilité internationale du département d'électronique depuis septembre 2013.
 - Le département d'électronique compte près de 300 étudiants ayant tous l'obligation de faire 8 semaines de mobilité à l'étranger.
 - Mon rôle a été de faire l'étude et le suivi des candidatures d'échange international académique entrant et sortant pour toutes les destinations en relation avec les responsables géographiques, d'années et d'options.
 - J'ai une allocation de 15h équivalentes TD pour cette responsabilité.
- ⇒ Responsable géographique des échanges avec le Vietnam et la Belgique de l'école d'ingénieur ENSEIRB-MATMECA qui compte plus de 1200 étudiants. Cette responsabilité consiste à réaliser le suivi et le montage de partenariats et le placement d'étudiants en stage et séjour académiques. J'ai notamment initié et participé au montage de l'accord Erasmus avec l'Université KU Leuven. Et j'entretiens des relations avec le laboratoire MICA au Vietnam qui accueille chaque année plusieurs de nos étudiants dans le cadre de stages.
- ⇒ Responsable ENSEIRB-MATMECA du montage du projet européen SUDOE NANOSTAR 2017 dont l'objectif est de créer un réseau collaboratif de recherche et innovation autour de la conception de nanosatellite étudiant.
- ⇒ Responsable du département d'électronique pour le sous-projet région d'investissement en électronique radiofréquence (85k€ / 2017-2018).
- ⇒ Participation aux jurys d'année et de rattrapage ainsi qu'aux réunions du département.
- ⇒ Participation au jury de recrutement de la Prépa des INP en 2014.
- ⇒ Tuteur de 11 stages de fin d'études de 5 à 6 mois entre 2012 et 2017.
- ⇒ Tuteur de 14 stages de deuxième année d'école d'ingénieur de 3 à 4 mois entre 2012 et 2017.
- ⇒ Membre du comité local d'organisation du forum d'échange international d'étudiants entre la France et le Brésil (BRAFITTEC) en 2014, ayant rassemblé plus de 300 participants (<http://brafitec2014.ipb.fr>).
- ⇒ Responsable de l'organisation locale du concours d'innovation du CNES : ACTINSPACE 2016 (<https://entreprises.cnes.fr/fr/actinspace>). Fort du succès de cet événement, je prends en charge la responsabilité d'organisateur local d'ACTINSPACE 2018. En 2016, comme en 2018, l'école

doctorale SPI de l'Université de Bordeaux validera 10h de formation à ses doctorants qui participeront à l'évènement.

⇒ Conseiller du club étudiant EirSpace sur la télémétrie et télémétrie de fusées expérimentales (<http://eirspace.fr/>).

⇒ Conseiller et fondateur de la branche étudiante IEEE de Bordeaux (<http://www.ieee-bordeaux.org/>), et notamment des chapitres étudiants MTT et AP.

►  **À l'École Polytechnique de Montréal (entre février 2009 et septembre 2012) :**

⇒ Projet pédagogique pour le cours d'électronique ELE4501 - Circuits et systèmes radiofréquences.
- J'ai réalisé ce projet pédagogique destiné à refaire le cours sur les circuits et systèmes de communications radiofréquences, enseigné en dernière année du cycle ingénieur. J'ai réalisé ce projet en étroite collaboration avec le service pédagogique de l'École Polytechnique de Montréal (BAP). On m'a alloué 160h de travail sur la refonte du cours et des TPs.

⇒ Tuteur d'un projet de maîtrise de recherche en 2011.

► 3. Enseignements dispensés

■ Maître de conférences à l'école d'ingénieurs ENSEIRB-MATMECA

► Septembre 2016 à août 2017 – Total de 247,83 heures équivalentes TD.

⇒ 1^{er} semestre : (09-2016 à 01-2017)

- 2^{ème} année de Master :* Antennes – Cours, TDs et TPs (22h)
Projet de conception et de réalisation système – TPs (14h)
Conférence ICBM – TPs (4h)
- 1^{ère} année de Master :* Composants et circuits de commutation – Cours et TDs (34h)
Projet analogique – TPs (42h)
- 3^{ème} année de Licence :* Électromagnétisme – TDs (18,67h)

⇒ 2^{ème} semestre : (02-2017 à 07-2017)

- 1^{ère} année de Master :* Techniques radiofréquences – Cours, TDs et TPs (34h)
☞ Rédaction du polycopié, des TDs et des TPs
Initiation aux bruits – Cours et TDs (9h)
Projet thématique – TPs (19,17h)
- 3^{ème} année de Licence :* Synthèse des filtres – TPs (7h)
Travaux pratiques Instrumentation et Mesures – TPs (21h)

⇒ Tuteur de 2 stages de projet de fin d'études

⇒ Tuteur de 3 stages de deuxième année d'école d'ingénieur

► Septembre 2015 à août 2016 – Total de 214 heures équivalentes TD.

⇒ 1^{er} semestre : (09-2015 à 01-2016)

- 2^{ème} année de Master :* Antennes – Cours, TDs et TPs (22h)
Projet de conception et de réalisation système – TPs (14h)
Conférence ICBM – TPs (4h)
- 1^{ère} année de Master :* Composants et circuits de commutation – Cours et TDs (38h)
Projet analogique – TPs (42h)
- 3^{ème} année de Licence :* Électromagnétisme – TDs (16h)

⇒ 2^{ème} semestre : (02-2016 à 07-2016)

- 1^{ère} année de Master :* Initiation aux bruits – Cours et TDs (18h)

3^{ème} année de Licence : Synthèse des filtres – TPs (19h)
Travaux pratiques Instrumentation et Mesures – TPs (18h)

⇒ Tuteur de 2 stages de projet de fin d'études

⇒ Tuteur de 3 stages de deuxième année d'école d'ingénieur

► **Septembre 2014 à août 2015 – Total de 213,17 heures équivalentes TD.**

⇒ 1^{er} semestre : (09-2014 à 01-2015)

2^{ème} année de Master : Antennes – Cours, TDs et TPs (23h)
Projet de conception et de réalisation système – TPs (14h)
☞ *Création du module et rédaction du sujet*
Conférence ICBM – TPs (4h)

1^{ère} année de Master : Composants et circuits de commutation – Cours et TDs (38h)
Projet analogique – TPs (42h)

3^{ème} année de Licence : Électromagnétisme – TDs (21h)

⇒ 2^{ème} semestre : (02-2015 à 07-2015)

1^{ère} année de Master : Initiation aux bruits – Cours et TDs (21h)

3^{ème} année de Licence : Synthèse des filtres – TPs (12h)

⇒ Tuteur de 4 stages de projet de fin d'études

⇒ Tuteur de 3 stages de deuxième année d'école d'ingénieur

► **Septembre 2013 à août 2014 – Total de 172 heures équivalentes TD (avec décharge de 32h)**

⇒ 1^{er} semestre : (09-2013 à 01-2014)

2^{ème} année de Master : Antennes – Cours, TDs et TPs (23h)
☞ *Rédaction d'un nouveau polycopié de TPs*
Composants et circuits de commutation – Cours et TDs (38h)

1^{ère} année de Master : Projet analogique – TPs (42h)

3^{ème} année de Licence : Électromagnétisme – TDs (24h)

⇒ 2^{ème} semestre : (02-2014 à 07-2014)

1^{ère} année de Master : Initiation aux bruits – TDs (21h)

⇒ Tuteur de 3 stages de fin d'études

⇒ Tuteur de 3 stages de deuxième année d'école d'ingénieur

► Septembre 2012 à août 2013 – Total de 148 heures équivalentes TD (avec décharge de 64h)

⇒ 1^{er} semestre : (09-2012 à 01-2013)

1^{ère} année de Master : Composants et circuits de commutation – Cours et TDs (38h)

☞ *Rédaction du polycopié de cours et TDs*

Projet analogique – TPs (42h)

3^{ème} année de Licence : Électromagnétisme – TDs (24h)

⇒ 2^{ème} semestre : (02-2013 à 07-2013)

3^{ème} année de Licence : Travaux pratiques Instrumentation et Mesures – TPs (33h)

⇒ Tuteur de 2 stages de fin d'études

⇒ Tuteur de 2 stages de deuxième année d'école d'ingénieur

Moniteur à l'école d'ingénieur ESISAR de l'Institut Polytechnique de Grenoble**► Septembre 2007 à août 2008 – Total de 91,5 heures équivalentes TD**

3^{ème} année de Licence : Traitement du signal – Cours et TDs (9h de cours et 10,5h de TDs)

3^{ème} année de Licence : Mesure hyperfréquence – TPs (9h)

2^{ème} année de Licence : Électrostatique et mécanique – TPs (63h)

► Septembre 2006 à août 2007 – Total de 64,5 heures équivalentes TD

3^{ème} année de Licence : Semi-conducteurs – Cours et TDs (7h de cours et 3,5h de TDs)

1^{ère} année de Licence : Électricité, magnétisme et mécanique – TPs (54h)

► Septembre 2005 à août 2006 – Total de 105 heures équivalentes TD

2^{ème} année de Licence : Circuits intégrés – TPs (51h)

1^{ère} année de Licence : Électricité, magnétisme et mécanique – TPs (54h)

Vacataire à l'école d'ingénieur ESISAR de Grenoble INP**► Septembre 2002 à août 2004 – Total de 120 heures équivalentes TD**

1^{ère} année de Licence : Khôlles de mathématiques enseignées aux élèves de première année du cycle préparatoire (120h)

☞ *Création des sujets*

► 4. Perspectives pédagogiques et administratives

Mes activités d'enseignement devraient se concentrer davantage sur l'électronique radiofréquence, avec le départ récent d'un maître de conférences, ainsi que le départ prochain d'un professeur agrégé (PRAG). Ces deux collègues dispensaient un nombre non négligeable d'enseignements en électronique RF qui vont devoir être assumés, repris et en partie revus par l'équipe pédagogique. Par ailleurs, je souhaiterais développer davantage l'utilisation des sites Moodle dans mes enseignements. Lors de mon séjour à Montréal, j'ai pu expérimenter cet outil largement déployé au Québec. Son utilisation va dans le sens de la politique insufflée par la toute nouvelle direction de l'ENSEIRB-MATMECA qui souhaite réduire le nombre d'heures présentielles des étudiants. Aussi, au courant de l'année prochaine, j'aurai à mettre en œuvre, avec concertation auprès des collègues du département d'électronique et également du département télécom (dans l'objectif de poursuivre le montage de projets pédagogiques transverses [D-1]), le plan région d'investissement en électronique RF. J'aurai également à court terme à réaliser l'organisation d'Act-In-Space 2018, ainsi que la mise en place du projet SUDOE NANOSTAR s'il est retenu. Ce dernier permettra entre autres le montage d'une station de base sur le toit de l'ENSEIRB-MATMECA pour la communication avec des nanosatellites, ballons-sondes, et même la station ISS. À l'avenir, dans le cadre de projets étudiants, je souhaite poursuivre et amplifier l'utilisation des moyens du FabLab EirLab de l'ENSEIRB-MATMECA (Fig. 1(a)), que j'ai pu mettre à profit à travers le concours de conception d'antenne (Fig. 1(b)), ainsi que le projet de conception RADAR de l'option SRT. Je compte également poursuivre mon support et mes conseils aux clubs, comme notamment le club étudiant EirSpace (Fig. 1(c)) [K-1], même si je ne peux plus leur dévouer une heure par semaine comme je pouvais le faire au début de la prise de mes fonctions à l'ENSEIRB-MATMECA, et la BEE branch [O-1]-[O-2]. J'ai tout de même à cœur de proposer aux étudiants des projets en lien avec les clubs. J'aimerais notamment monter avec des collègues, des étudiants en deuxième année, le FabLab, EirSpace et la Bee branch un projet de ballon-sonde. Concernant les charges administratives, je vais terminer mon mandat de coordinateur international du département d'électronique afin de prendre en charge une nouvelle responsabilité, qui pourrait être à plus ou moins long terme celle d'une année ou d'une option. Je souhaiterais également à l'avenir prendre une responsabilité au sein d'un des conseils de l'ENSEIRB-MATMECA, de Bordeaux INP ou de l'IMS. Enfin, j'envisage dans un futur plus ou moins lointain de contribuer au sein du CNU 63.

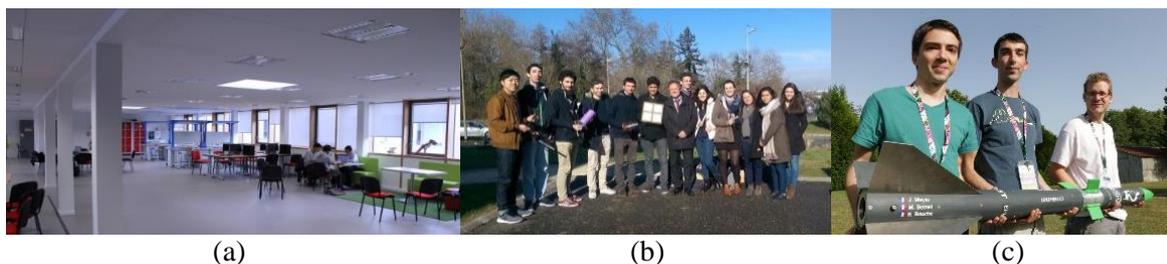


Fig. 1. (a) EirLab, (b) concours de conception d'antennes et (c) exemple d'une fusée EirSpace.

C. Encadrement doctoral et scientifique

► 1. Encadrement de doctorants

⇒ 5 thèses soutenues

1. **Doctorant** : *David Polge*

Période : Juin 2013 – novembre 2016

Sujet : *Amplificateur de puissance à polarisation contrôlée et à faible variation du temps de propagation de groupe pour systèmes de localisation en technologie ultra large bande impulsionnelle*

Université d'inscription : Université de Bordeaux

Laboratoire d'accueil : IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système

Directeur de thèse : E. Kerhervé (50%) ; **Co-directeur de thèse** : A. Ghiotto (50%)

Co-encadrant entreprise : P. Fabre

Jury composé de : D. Dragomirescu (président), S. Bourdel (rapporteur), M. Campovecchio (rapporteur)

Financement : CIFRE avec BeSpoon (startup ; <http://bespoon.com/>)

Publications : 1 article de revues internationales, 1 article de conférence internationale, 2 articles de conférences nationales

Devenir : Post-doctorant au laboratoire Xlim

Résumé :

La technologie ultra large bande impulsionnelle améliore la précision des systèmes de localisation en intérieur, en limitant les perturbations potentielles liées aux multitrajets. Une nouvelle norme, destinée aux situations d'urgence, relève le niveau d'émission de puissance de 20 dB, afin de faciliter la localisation au travers d'obstacles épais et l'intervention des secours. Cette thèse s'est attelée à la conception d'un amplificateur conforme à cette norme. Après un état de l'art des amplificateurs de puissance ultra large bande existants, plusieurs circuits sont conçus : une cellule de puissance pour atteindre les niveaux de puissance requis en sortie, et une cellule pré-amplificatrice qui fournit un apport de gain. Enfin, un système d'amplification de puissance à polarisation contrôlée exploitant la nature impulsionnelle du signal est proposé. La limitation de l'activation de l'amplificateur à la seule manifestation d'une impulsion permet de réduire drastiquement l'impact énergétique de l'amplificateur de puissance (PA) sur un système de localisation.

2. Doctorant : Jérémie Prades**Période :** Janvier 2013 – novembre 2016**Sujet :** *Conception d'un modulateur électro-optique Mach Zehnder 100 Gbits/s NRZ sur silicium***Université d'inscription :** Université de Bordeaux**Laboratoire d'accueil :** IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système**Directeur de thèse :** E. Kerhervé (50%) ; **Co-directeur de thèse :** A. Ghiotto (50%)**Co-encadrant entreprise :** D. Pache**Jury composé de :** Y. Deval (président), J. L. Gonzalez Jimenez (rapporteur), S. Verdeyme (rapporteur), J.-F. Villemazet (invité)**Financement :** CIFRE avec STMicroelectronics-Crolles**Publications :** 2 articles de revues internationales, 2 articles de conférences internationales, 1 note d'application, 6 articles de conférences nationales, 1 article de conférence nationale à caractère pédagogique**Distinctions :** Récipiendaire de l'IEEE MTT PhD Student Sponsorship Initiative 2013**Devenir :** Ingénieur R&D chez Thales Alenia Space**Résumé :**

Le développement permanent des applications informatiques telles que le stockage de masse, le calcul intensif et les communications larges bandes, encourage l'émergence de nouvelles technologies de communication. D'une part, les communications à travers des interconnexions métalliques approchent de leurs limites intrinsèques en termes d'énergie, surface et coût par bit. D'autre part, la photonique hybride conventionnelle, basée sur des assemblages 2D/3D de composants photoniques en technologies III-V, ne peut pas être complètement intégrée. Le développement de nouvelles architectures photoniques sur silicium est une bonne alternative afin de proposer des systèmes intégrés de communication haut débit.

C'est dans ce contexte que la conception d'un modulateur électro-optique à très haut débit sur silicium a fait l'objet de cette thèse. Dans un premier temps, un état de l'art des différents systèmes optiques a été dressé, afin d'identifier les principaux verrous technologiques limitant leurs performances. Suite à l'analyse des différents types de modulateurs optiques implémentés sur silicium, une proposition d'architecture a été faite pour un modulateur Mach Zehnder 100 Gbits/s. Ce premier circuit a été développé avec la technologie PIC25G du fondeur STMicroelectronics. Le driver de ce modulateur a, quant à lui, été conçu avec la technologie 55 nm SiGe BiCMOS de ce même fondeur. Le démonstrateur proposé dans ces travaux offre un débit de 100 Gbits/s avec une modulation NRZ sur une unique voie optique. Pour cette configuration, ce prototype offre un débit binaire au-delà de l'état de l'art (pour une unique voie de transmission optique) avec une énergie par bit de 80 pJ/bit.

3. Doctorant : *Frédéric Parment***Période :** Octobre 2013 – septembre 2016**Sujet :** *Guides d'onde Intégrés au Substrat (SIW) multicouches à haute performance pour des circuits millimétriques à faible coût***Université d'inscription :** Institut Polytechnique de Grenoble**Laboratoire d'accueil :** IMEP-LaHC**Directeur de thèse :** T.P. Vuong (30%) ; **Co-directeur de thèse :** K. Wu (10%) ; **Co-encadrants de thèse :** J.M. Duchamp (30%), et **A. Ghiotto (30%)****Jury composé de :** E. Rius, (président), H. Aubert (rapporteur), J.-L. Cazaux (rapporteur), M. Bozzi (examinateur), L. Carpentier (invité), P. Monteil (invité), L. Petit (invité)**Financement :** MENRT**Publications :** 7 articles de revues internationales, 2 articles invités de conférences internationales, 4 workshops, 4 articles de conférences internationales, 8 articles de conférences nationales**Distinctions :** Parmi les 3 meilleures thèses du prix de thèse de la section électronique du Club EEA, parmi les 3 meilleures thèses du Prix de thèse de l'école doctorale EEATS, récipiendaire de l'IEEE MTT PhD Student Sponsorship Initiative 2014, récipiendaire de la bourse de mobilité internationale de la région Rhône-Alpes en 2014, Prix étudiant 2014 et 2016 du chapitre français de la société MTT de l'IEEE**Devenir :** Post-doctorant au CNES, puis ingénieur R&D chez Thales Alenia Space**Résumé :**

La technologie SIW, introduite dans les années 2000, suscite aujourd'hui un très vif intérêt pour la conception de circuits micro-ondes et millimétriques compacts, intégrés, faible coût et blindés par nature. Cependant, les guides d'onde métalliques, qui offrent de bien meilleures performances en termes de pertes d'insertion et de tenue en puissance, malgré un coût bien plus important, sont encore incontournables pour de nombreuses applications millimétriques. Afin de proposer une alternative intégrée et faible coût au guide d'onde rectangulaire, et de permettre une large exploitation du spectre millimétrique, cette thèse propose une nouvelle structure SIW appelée Air-Filled SIW. Cette nouvelle structure a été étudiée théoriquement et expérimentalement. Aux fréquences millimétriques, comparativement au SIW, le Air-Filled SIW offre des pertes d'insertion trois fois plus faibles ainsi qu'une tenue en puissance moyenne quatre fois plus importante. De nombreux dispositifs passifs AFSIW ont été conçus en prenant avantage du procédé de circuit imprimé multicouche mis en œuvre. Des coupleurs, déphaseurs, diviseurs de puissance, antennes et filtres ont été réalisés basés sur la technologie introduite. Leurs performances sont théoriquement et expérimentalement comparées avec leur contrepartie SIW afin de démontrer les avantages de la nouvelle technologie proposée.

4. Doctorant : *Sulav Adhikari***Période :** Avril 2010 – avril 2014 (une thèse au Canada dure 4 à 7 ans)**Sujet :** *Electric and magnetic one- and two-dimensionally tuned parameter-agile substrate integrated waveguide components and devices***Université d'inscription :** École Polytechnique de Montréal, Canada**Laboratoire d'accueil :** Centre de recherche Poly-GRAMES**Directeur de thèse :** K. Wu (50%) ; **Co-directeur de thèse :** A. Ghiotto (50%)**Jury composé de :** A. Cedvet (président), C. Nerguizian (rapporteur), A. Kishk (rapporteur)**Financement :** Chaire de recherche du Canada (CRSNG) de niveau 1 du Prof. Ke WU**Publications :** 4 articles de revues internationales, 4 articles de conférences internationales, 2 articles de conférences nationales**Distinctions :** 1^{er} prix de la compétition étudiante sur la conception d'un circuit de calibration de IEEE MTT en 2012 et 2013, finaliste de la compétition du meilleur papier étudiant de la conférence IEEE MTT IMS 2012, récipiendaire de l'IEEE MTT PhD Student Sponsorship Initiative 2012, récipiendaire de l'IEEE MTT Graduate Scholarship en 2013**Devenir :** Ingénieur R&D chez Apollo Microwave, Canada, puis DragonWave, Canada.**Résumé :**

Les composants micro-ondes et millimétriques accordables constituent des éléments importants rencontrés dans les systèmes de radiocommunications et radars. Dans la littérature, on trouve de nombreuses méthodes qui permettent de concevoir des éléments et composants ajustables aux fréquences micro-ondes. Les méthodes employées les plus populaires mettent en œuvre : des composants semi-conducteurs (tels que des diodes varicaps, des diodes PIN et des transistors), des microsystèmes électromécaniques (ou MEMS pour micro-electro-mechanical systems), des matériaux ferroélectriques et des matériaux ferromagnétiques. Dans certaines de ces conceptions, des combinaisons de ces différentes méthodes ont également été adoptées afin d'obtenir de meilleures performances. Ce travail présente de nouveaux types de composants micro-ondes ajustables basés sur les Guides d'onde Intégrés au Substrat (SIW). Des éléments clés magnétiquement ajustables, incluant des résonateurs, filtres passe-bande, oscillateurs, interrupteurs, décaleurs de phase, circulateurs, et amplificateurs de puissance, sont présentés. Il est également démontré qu'en utilisant seulement des ferrites, la plage d'ajustabilité des performances est limitée. Cependant, en combinant simultanément une ajustabilité électrique et magnétique, l'ajustabilité totale peut-être significativement améliorée. Ainsi, un nouveau concept d'accordabilité en deux dimensions est introduit. Ce concept est utilisé afin de réaliser des éléments complètement adaptables. Une cavité, un filtre passe-bas, et une antenne, tous basés sur ce concept, sont présentés.

5. Doctorant : *Ali Doghri*

Période : Janvier 2010 – avril 2014 (une thèse au Canada dure 4 à 7 ans)

Sujet : *Conception et réalisation de composants micro-ondes tridimensionnels pour la réalisation d'un radiomètre imageur*

Université d'inscription : École Polytechnique de Montréal, Canada

Laboratoire d'accueil : Centre de recherche Poly-GRAMES

Directeur de thèse : K. Wu (40%)

Co-encadrants : T. Djerafi (30%) et **A. Ghiotto (30%)**

Jury composé de : R. Kashyap (président), N. Constantin (rapporteur), T. Denidni (rapporteur)

Financement : Chaire de recherche du Canada (CRSNG) de niveau 1 du Prof. Ke WU

Publications : 2 articles de revues internationales, 7 articles de conférences internationales

Devenir : Post-doctorant à University of California, Davis, USA, puis ingénieur R&D chez Focus Microwave, Montréal, Canada.

Résumé :

Le radiomètre passif imageur à ondes millimétriques trouve des applications principalement dans les industries de la défense et de la sécurité grâce à sa capacité de donner une image à travers un environnement de visibilité réduite comme la fumée, la poussière et les matériaux comme le plastique et le textile dans certaines plages de fréquence.. Beaucoup de concepteurs construisent généralement les capteurs passifs pour fonctionner dans les fenêtres centrées à 35, 94, 135 et 220 GHz afin d'exploiter une faible atténuation atmosphérique et l'augmentation du contraste de l'image par rapport à des fréquences plus basses. Dans cette thèse, nous introduisons une solution qui offre une réduction de poids et de taille qui assure l'acquisition d'image en utilisant deux polarisations. L'architecture complète a un impact direct sur l'amélioration de la qualité de l'image. Pour les systèmes d'imagerie passive, l'antenne est utilisée conjointement avec un récepteur très sensible pour détecter et fournir des mesures de l'intensité du rayonnement électromagnétique reçu à l'intérieur d'un angle solide fixé selon les caractéristiques de l'antenne réceptrice. L'antenne à concevoir doit satisfaire aux critères suivants : un gain élevé, faible niveau de lobes secondaires et une faible polarisation croisée. Divers discontinuités dans le réseau d'alimentation de l'antenne doivent être évitées ou utilisées avec prudence, car le bruit émis peut créer des interférences avec les composants au niveau du système et ainsi on obtient une information erronée. La technologie du guide d'onde intégré au substrat offre des avantages comme le blindage et les faibles coûts et poids pour une utilisation dans notre application d'imagerie passive. Le récepteur développé pendant cette thèse est composé d'un circuit frontal, qui a deux principales tâches, à savoir la sélection de la bande de fréquence et l'amplification du signal reçu à un niveau approprié pour le détecteur. Une nouvelle approche de prototypage à base de SIW a été utilisée pour construire le récepteur.

⇒ 5 thèses en cours**1. Doctorant : *Thibaut Despoisse*****Période :** Mars 2017 – (février 2020)**Sujet :** *Nouvelle architecture d'émission intégrée en bande Ka pour les applications 5G***Université d'inscription :** Université de Bordeaux**Laboratoire d'accueil :** IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système**Directeur de thèse :** N. Deltimple (50%) ; **Co-encadrant de thèse :** **A. Ghiotto (50%)****Co-encadrant entreprise :** P. Busson**Financement :** CIFRE avec STMicroelectronics-Crolles**2. Doctorant : *Samuel Redois*****Période :** Février 2017 – (janvier 2020)**Sujet :** *X-band SiGePower Amplifier for RADAR applications***Université d'inscription :** Université de Bordeaux**Laboratoire d'accueil :** IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système**Directeur de thèse :** E. Kerhervé (50%) ; **Co-encadrant de thèse :** **A. Ghiotto (50%)****Co-encadrant entreprise :** B. Louis**Financement :** CIFRE avec Thalès Systèmes Aéroportés**3. Doctorant : *Tifenn Martin*****Période :** Octobre 2016 – (septembre 2019)**Sujet :** *Nouvelle technologie Air-Filled SIW pour la conception de filtres bas coût hautes performances en bande Ka pour application spatiale***Université d'inscription :** Université de Bordeaux**Laboratoire d'accueil :** IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système**Directeur de thèse :** **A. Ghiotto (50%)** ; Co-directeur de thèse : T.P. Vuong (50%)**Co-encadrant entreprise :** F. Lotz**Financement :** CIFRE avec Cobham Microwave**Publications :** 1 dépôt de brevet d'invention, 2 articles invités de conférences internationales, 2 articles de conférences internationales, 1 article de conférences nationales**Distinctions :** Mention honorable au prix étudiant 2017 du chapitre français de la société MTT de l'IEEE

4. **Doctorant :** *Florian Voineau*

Période : Février 2015 – (janvier 2018)

Sujet : *Système de communication haut débit basé sur des guides d'onde plastique opérant aux fréquences millimétriques*

Université d'inscription : Université de Bordeaux

Laboratoire d'accueil : IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système

Directeur de thèse : E. Kerhervé (50%) ; **Co-encadrant de thèse :** A. Ghiotto (50%)

Co-encadrant entreprise : M. Sié (STMicroelectronics) et M. Martineau (CEA-Leti)

Financement : CIFRE avec STMicroelectronics-Crolles

Publications : 1 dépôt de brevet d'invention, 3 articles de conférences internationales, 2 articles de conférences nationales

5. **Doctorant :** *Fabien Mesquita*

Période : Octobre 2014 – (février 2018)

Sujet : *Amplificateur de puissance intégré pour application LTE*

Université d'inscription : Université de Bordeaux

Laboratoire d'accueil : IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système

Directeur de thèse : E. Kerhervé (50%) ; **Co-encadrant de thèse :** A. Ghiotto (50%)

Financement : FUI FELIN

Publications : 1 article de conférences internationales, 1 article de conférences nationales

Distinctions : Un des cinq finalistes « EuMIC Young Engineers Prize » de la conférence European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC) 2017.

► 2. Encadrement de post-doctorants

1. **Post-doctorant** : *Manuel Potéreau*

Période : Décembre 2015 – (mai 2018)

Sujet : *Highly integrated channel amplifiers and linearizers based on silicon technology*

Laboratoire d'accueil : IMS

Encadrants : N. Deltimple (50%) et **A. Ghiotto (50%)**

Financement : Projet ESA ARTES 5.1 et Projet Région Nouvelle Aquitaine CALISSON

Publications : 2 articles de conférences nationales

2. **Post-doctorant** : *Frédéric Parment*

Période : Décembre 2016 – (septembre 2017)

Sujet : *High-Q substrate integrated technologies for space applications*

Laboratoire d'accueil : CNES, Centre de Toulouse, Service DSO/RF/HNO

Encadrants scientifiques : T.P. Vuong (50%) et **A. Ghiotto (50%)**

Co-encadrants CNES : L. Lapiere, L. Carpentier, V. Armengaud et J. Puech

Financement : Bourse post-doctoral du CNES

Publications : 3 dépôts de brevet d'invention, 1 article invité de conférences internationales, 2 workshops, 2 articles de conférences internationales, 1 article de conférences nationales

Devenir : Ingénieur R&D chez Thales Alenia Space

► 3. Encadrement d'ingénieurs de recherche et maturation

1. **Ingénieur de maturation technologique :** *Michaël Perchicot*
Période : Février 2017 – janvier 2018
Projet : Maturation technologique Aquitaine Science Transfert
Sujet : *Ez Link – Système de guide d'ondes plastique pour le transfert de données à haut débit*
Laboratoire d'accueil : IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système
Encadrement : E. Kerhervé (50%) et **A. Ghiotto (50%)**
Devenir : Ingénieur chez Safran

2. **Ingénieur de recherche :** *Alexandre Marque*
Période : Décembre 2015 – août 2017
Projet : ESA ARTES 5.1 CALISSON
Sujet : *Conception d'une chaîne d'amplification et de linéarisation en technologie BiCMOS*
Laboratoire d'accueil : IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système
Encadrement : N. Deltimple (50%) et **A. Ghiotto (50%)**
Publications : 2 articles de conférences nationales
Devenir : Ingénieur chez NXP

3. **Ingénieur de recherche :** *Jérémy Prades*
Période : Septembre 2012 – décembre 2012
Projets : FUI NADEGE et SPHERE
Sujet : *Chaîne de transmission pour cubesat et conception d'un amplificateur de puissance faible bruit*
Laboratoire d'accueil : IMS - Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système
Encadrement : E. Kerhervé (50%) et **A. Ghiotto (50%)**
Publications : 1 article de revues internationales

► 4. Encadrement d'étudiants en master recherche et PFE

1. **Étudiant :** *Cécile Granger*
Période : Février 2017 – juillet 2017
Sujet : *Miniaturisation d'une balise répondeuse radar*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Bordeaux – ENSEIRB-MATMECA
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : P. Garrec (50% ; Thalès Systèmes Aéroportés) et **A. Ghiotto (50%)**
Collaboration : Thalès Systèmes Aéroportés

2. **Étudiant :** *Nhu Huan Nguyen*
Période : Février 2017 – août 2017
Sujet : *Guide et dispositifs passifs basés sur la technologie guide plastique*
Université d'inscription : Université Grenoble Alpes
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : **A. Ghiotto (100%)**

3. **Étudiant :** *Thibaut Despoisse*
Période : Février 2016 – juillet 2016
Sujet : *MAGIC ATOLS longue portée ; conception d'une balise répondeuse radar*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Bordeaux – ENSEIRB-MATMECA
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : P. Garrec (50% ; Thalès Systèmes Aéroportés) et **A. Ghiotto (50%)**
Collaboration : Thalès Systèmes Aéroportés

4. **Étudiant :** *Tifenn Martin*
Période : Février 2016 – juillet 2016
Sujet : *Filtres en bande Ka en technologie SIW creux pour application spatiale*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Grenoble – ESISAR
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : F. Lotz (50% ; Cobham Microwave) et **A. Ghiotto (50%)**
Collaboration : Cobham Microwave

5. **Étudiant :** *Thomas Petit*
Période : Février 2015 – juillet 2015
Sujet : *Chaîne de transmission TM/TC (2,2 GHz) pour des applications satellites*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Bordeaux – ENSEIRB-MATMECA
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : T. Taris (50%) et **A. Ghiotto (50%)**

6. **Étudiant :** *Alexandre Marque*
Période : Février 2015 – juillet 2015
Sujet : *Conception de filtres en technologie SIW et SIW creux*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Bordeaux – ENSEIRB-MATMECA
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : F. Lotz (50% ; Cobham Microwave) et **A. Ghiotto (50%)**
Publications : 1 dépôt de brevet d'invention, 1 article de conférences internationales
Collaboration : Cobham Microwave

7. **Étudiant :** *Olivier Rousseau*
Période : Février 2015 – juillet 2015
Sujet : *Conception d'un oscillateur harmonique en technologie CMOS 28nm FDSOI*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Bordeaux – ENSEIRB-MATMECA
Laboratoire d'accueil : Laboratoire IMS
Encadrement : N. Deltimple (50%) et **A. Ghiotto (50%)**

8. **Étudiant :** *Antoine Pierlot-Garcin*
Période : Février 2011 – juin 2011
Sujet : *Démonstration d'un système de télépéage RFID*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Toulouse – École d'ingénieur ENSEEIHT
Laboratoire d'accueil : Centre de recherche Poly-GRAMES
Encadrement : K. Wu (30%) et **A. Ghiotto (70%)**

9. **Étudiant :** *Alban Lecarpentier*
Période : Février 2011 – juin 2011
Sujet : *Programmation embarquée pour un système de télépéage RFID*
Université d'inscription : Institut Polytechnique de Grenoble – École d'ingénieur ESISAR
Laboratoire d'accueil : Centre de recherche Poly-GRAMES
Encadrement : K. Wu (30%) et **A. Ghiotto (70%)**

10. **Etudiant :** *Yong Jian Huang*
Période : Septembre 2010 – décembre 2010
Sujet : *Système de localisation RFID actif par détermination de l'angle d'arrivée*
Université d'inscription : École Polytechnique de Montréal, **Canada**
Laboratoire d'accueil : Centre de recherche Poly-GRAMES
Encadrement : K. Wu (30%) et **A. Ghiotto (70%)**

11. **Étudiant :** *Ahmadreza Jafari*
Période : Février 2010 –juin 2010
Sujet : *Conception de filtres pour systèmes RFID actifs*
Université d'inscription: Université Paris 6 (UPMC)
Laboratoire d'accueil : Centre de recherche Poly-GRAMES
Encadrement : K. Wu (30%) et **A. Ghiotto (70%)**

12. **Étudiant :** *Stephan Wilhelm*
Période : Février 2008 –juin 2008
Sujet : *Antennes RFID imprimées par jet de matière*
Université d'inscription: Grenoble INP - ESISAR
Laboratoire d'accueil : LCIS - Valence
Encadrement : E. Perret (50%) et **A. Ghiotto (50%)**
Collaboration : Ardeje

13. **Étudiant :** *Stenio Cantalice*
Période : Février 2007 –juin 2007
Sujet : *Conception d'antennes RFID pour l'identification des objets métalliques*
Université d'inscription: Grenoble INP - ESISAR
Laboratoire d'accueil : LCIS - Valence
Encadrement : T.P Vuong (50%) et **A. Ghiotto (50%)**

14. **Étudiant :** *Mihai Ionut*
Période : Février 2007 –juin 2007
Sujet : *Conception d'antennes WiMAX omnidirectionnelles*
Université d'inscription: Grenoble INP - ESISAR
Laboratoire d'accueil : LCIS - Valence
Encadrement : T.P Vuong (50%) et **A. Ghiotto (50%)**
Collaboration : start-up HERTECH

15. **Étudiant :** *Adam Marius*
Période : Février 2006 –juin 2006
Sujet : *Conception d'antennes Wi-Fi omnidirectionnelles*
Université d'inscription: Grenoble INP - ESISAR
Laboratoire d'accueil : LCIS - Valence
Encadrement : T.P Vuong (50%) et **A. Ghiotto (50%)**
Collaboration : start-up HERTECH

► 5. Résumé

⇒ Thèses soutenues (5)

David Polge *Amplificateur de puissance à polarisation contrôlée et à faible variation du temps de propagation de groupe pour systèmes de localisation en technologie ultra large bande impulsionnelle*

IMS Juin 2013 – novembre 2016 CIFRE

Jury : Président : D. Dragomirescu (LAAS)

Rapporteurs : S. Bourdel (IMEP LaHC) et S. Verdeyme (XLIM)

Directeur : E. Kerhervé (50%) et co-directeur : A. Ghiotto (50%)

Jérémy Prades *Conception d'un modulateur électro-optique Mach Zehnder 100 Gbits/s NRZ sur silicium*

IMS Janvier 2013 – novembre 2016 CIFRE

Jury : Président : Y. Deval (IMS)

Rapporteurs : J. L. Gonzalez Jimenez (CEA-LETI) et S. Verdeyme (XLIM)

Directeur : E. Kerhervé (50%) et co-directeur : A. Ghiotto (50%)

Frédéric Parmet *Guides d'onde Intégrés au Substrat (SIW) multicouches à haute performance pour des circuits millimétriques à faible coût*

IMEP-LaHC Octobre 2013 – novembre 2016 MENRT

Jury : Président : E. Rius (Lab-STICC)

Rapporteurs : H. Aubert (LAAS) et J.L. Cazaux (Thales Alenia Space)

Directeur : T.P. Vuong (30%) ; co-directeur : K. Wu (10%)
et co-encadrants : J.M. Duchamp (30%), A. Ghiotto (30%)

Sulav Adhikari *Guides d'onde Intégrés au Substrat (SIW) multicouches à haute performance pour des circuits millimétriques à faible coût*

Poly-GRAMES Avril 2010 – avril 2014 (une thèse au Canada dure 4 à 7 ans) Chaire de recherche

Jury : Président : A. Cedvet (Poly-GRAMES)

Rapporteurs : C. Nerguizian (Poly-GRAMES) et A. Kishk (Concordia)

Directeur : K. Wu (50%) et co-directeur : A. Ghiotto (50%)

Ali Doghri *Conception et réalisation de composants micro-ondes tridimensionnels pour la réalisation d'un radiomètre imageur*

Poly-GRAMES Janvier 2010 – avril 2014 (une thèse au Canada dure 4 à 7 ans) Chaire de recherche

Jury : Président : R. Kashyap (Poly-GRAMES)

Rapporteurs : N. Constantin (EATS) et T. Denidni (INRS)

Directeur : K. Wu (40%) et co-encadrants : T. Djerfafi (30%) et A. Ghiotto (30%)

⇒ **Thèses en cours (5)**

Thibaut Despoisse *Nouvelle architecture d'émission intégrée en bande Ka pour les applications 5G*

IMS Mars 2017 – (février 2020) CIFRE

Directeur : N. Deltimple (50%) et co-encadrant : A. Ghiotto (50%)

Samuel Redois *X-band SiGe Power Amplifier for RADAR applications*

IMS Février 2017 – (janvier 2020) CIFRE

Directeur : E. Kerhervé (50%) et co-encadrant : A. Ghiotto (50%)

Tifenn Martin *Nouvelle technologie Air-Filled SIW pour la conception de filtres bas coût hautes performances en bande Ka pour application spatiale*

IMS Octobre 2016 – (septembre 2019) CIFRE

Directeur : A. Ghiotto (50%) et co-encadrant : T.P. Vuong (50%)

Florian Voineau *Système de communication haut débit basé sur des guides d'onde plastique opérant aux fréquences millimétriques*

IMS Février 2015 – (janvier 2018) CIFRE

Directeur : E. Kerhervé (50%) et co-encadrant : A. Ghiotto (50%)

Fabien Mesquita *Amplificateur de puissance intégré pour application LTE*

IMS Octobre 2014 – (novembre 2017) FUI

Directeur : E. Kerhervé (50%) et co-encadrant : A. Ghiotto (50%)

⇒ **Post-doctorants (2)**

Décembre 2015 – (mai 2018)

Manuel Potéreau *Conception d'une chaîne d'amplification et de linéarisation en technologie BiCMOS*

décembre 2016 – (septembre 2017)

Frédéric Parment *High-Q substrate integrated technologies for space applications*

⇒ **Ingénieurs de recherche et maturation (3)**

Février 2017 – janvier 2018

Michaël Perchicot *Ez Link – Système de guide d'ondes plastique pour le transfert de données à haut débit*

Décembre 2015 – août 2017

Alexandre Marque *Conception d'une chaîne d'amplification et de linéarisation en technologie BiCMOS*

Septembre 2012 – décembre 2012

Jérémie Prades *Chaîne de transmission pour cubesat et amplificateur de puissance faible bruit*

⇒ **Master recherche et PFE (15)**

2017	<i>Cécile Granger</i>	<i>Miniaturisation d'une balise répondeuse radar</i>
2017	<i>Nhu Huan Nguyen</i>	<i>Guides et dispositifs passifs basés sur la technologie guide plastique</i>
2016	<i>Thibaut Despoisse</i>	<i>MAGIC ATOLS longue portée ; conception d'une balise répondeuse radar</i>
2016	<i>Tifenn Martin</i>	<i>Filtres en bande Ka Air-Filled SIW pour application spatiale</i>
2015	<i>Thomas Petit</i>	<i>Chaîne de transmission TM/TC (2,2 GHz) pour des applications satellites</i>
2015	<i>Alexandre Marque</i>	<i>Conception de filtres en technologie SIW et Air-Filled SIW</i>
2015	<i>Olivier Rousseau</i>	<i>Conception d'un oscillateur harmonique en CMOS 28nm FDSOI</i>
2011	<i>Antoine Pierlot-Garcin</i>	<i>Démonstration d'un système de télépéage RFID</i>
2011	<i>Alban Lecarpentier</i>	<i>Programmation embarquée pour un système de télépéage RFID</i>
2010	<i>Yong Jian Huang</i>	<i>Système de localisation RFID actif par détermination de l'angle d'arrivée</i>
2010	<i>Ahmadreza Jafari</i>	<i>Conception de filtres pour systèmes RFID actifs</i>
2008	<i>Stephan Wilhelm</i>	<i>Antennes RFID imprimées par jet de matière</i>
2007	<i>Stenio Cantalice</i>	<i>Conception d'antennes RFID pour l'identification des objets métalliques</i>
2007	<i>Mihai Ionut</i>	<i>Conception d'antennes WiMAX omnidirectionnelles</i>
2006	<i>Adam Marius</i>	<i>Conception d'antennes Wi-Fi omnidirectionnelles</i>

D. Liste des publications

En bleu et italique : étudiants en master recherche, doctorants, post-doctorants et ingénieurs de recherche supervisés

► 1. Revues internationales invitées avec comité de lecture

Facteur d'impact (IF) de Thomson Reuters donné à titre indicatif

- [A-1] A. Curutchet, **A. Ghiotto**, M. Potéreau, M. De Matos, S. Fregonese, E. Kerhervé, and T. Zimmer, "On the development of a novel high VSWR programmable impedance tuner," *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, vol. 8, no. 4-5, pp. 723-730, Jun. 2016. (IF: 0.976)
 ⇒ Article invité dans l'édition spéciale des EuMW 2015
- [A-2] **K. Wang**, **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Multiharmonic generator for large-signal-network-analyzer verification," *IEEE Microwave Magazine*, vol. 15, no. 1, pp. 120-128, Jan.-Feb. 2014. (IF: 1.131)
 ⇒ Article invité : IEEE MTT IMS 2013 student design competition winner
- [A-3] **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, **K. Wang**, and K. Wu, "Development of a large-signal-network-analyzer round-robin artifact," *IEEE Microwave Magazine*, vol. 14, no. 1, pp. 140-145, Jan.-Feb. 2013. (IF: 1.674)
 ⇒ Article invité : IEEE MTT IMS 2012 student design competition winner
- [A-4] **S. Ladan**, **N. Ghassemi**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Highly efficient compact rectenna for wireless energy harvesting application," *IEEE Microwave Magazine*, vol. 14, no. 1, pp. 117-122, Jan.-Feb. 2013 (IF: 1.674)
 ⇒ Article invité : IEEE MTT IMS 2012 student design competition winner

► 2. Revues internationales avec comité de lecture

Facteur d'impact (IF) de Thomson Reuters donné à titre indicatif

- [B-1] C. Tomassoni, L. Silvestri, **A. Ghiotto**, M. Bozzi, and L. Perregri, "A novel class of substrate integrated waveguide filters based on dual-mode air-filled resonant cavities," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 66, no. 2, pp. 726-736, Feb. 2018. (IF most recent: 2.897)
- [B-2] **D. Polge**, **A. Ghiotto**, E. Kerhervé, and P. Fabre, "3-10 GHz 65 nm CMOS stacked power amplifier with optimized group delay variation," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 60, no. 2, pp. 400-405, Feb. 2018. (IF most recent: 0.731)
- [B-3] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Air-to-dielectric-filled two-hole substrate integrated waveguide directional coupler," in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 27, no. 7, pp. 621-623, Jul. 2017. (IF most recent: 1.887)
- [B-4] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Millimeter-wave air-filled substrate integrated waveguide slot array antenna," in *IET Electronics Letters*, vol. 53, no. 11, pp. 704-706, May 2017. (IF most recent: 1.155)

- [B-5] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Ka-band compact and high performance bandpass filter based on multilayer air-filled SIW," in *IET Electronics Letters*, vol. 53, no. 7, pp. 486-488, Mar. 2017. (IF most recent: 1.155)
- [B-6] **A. Ghiotto**, **F. Parment**, T.P. Vuong, and K. Wu, "Millimeter-wave air-filled SIW antipodal linearly tapered slot antenna," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 768-771, Apr. 2017. (IF most recent: 2.533)
- [B-7] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Double dielectric slab-loaded air-filled SIW phase shifters for high-performance and low-cost millimeter-wave integration," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 64, no. 9, pp. 2833-2842, Sept. 2016. (IF: 2.897)
- [B-8] I. S. S. Lima, **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and K. Wu, "Broadband dielectric-to-half-mode air-filled substrate integrated waveguide transition," in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 26, no. 6, pp. 383-385, Jun. 2016. (IF: 1.887)
- [B-9] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, E. Kerherve, and K. Wu, "Broadband sounding rocket antenna for dual-band telemetric and payload data transmission," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 540-543, Mar. 2016. (IF: 2.533)
- [B-10] E. Kerherve, N. Demirel, **A. Ghiotto**, A. Larie, N. Deltimple, J.M. Pham, Y. Mancuso, and P. Garrec, "A broadband 4.5-15.5 GHz SiGe power amplifier with 25.5 dBm peak saturated output power and 28.7% maximum PAE," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 5, pp. 1621-1632, May 2015. (IF: 2.243)
- [B-11] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 4, pp. 1228-1238, Apr. 2015. (IF: 2.243)
- [B-12] **S. Adhikari**, S. Hemour, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Magnetically tunable ferrite loaded half mode substrate integrated waveguide," *IEEE Microwave and Wireless Component Letters*, vol. 25, no. 3, pp. 172-174, Mar. 2015. (IF: 1.599)
- [B-13] **A. Doghri**, T. Djerafi, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Substrate integrated waveguide directional couplers for compact 3-D integrated circuits," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 1, pp. 209-221, Jan. 2015. (IF: 2.243)
- [B-14] **A. Doghri**, **A. Ghiotto**, T. Djerafi, and K. Wu, "Broadband E-plane junction for three-dimensional substrate integrated waveguide circuits and systems," *IEEE Microwave and Wireless Component Letters*, vol. 24, no. 11, pp. 739-741, Nov. 2014. (IF: 1.703)
- [B-15] B. Leite, E. Kerherve, **A. Ghiotto**, A. Larie, B. Martineau, and D. Belot, "60 GHz 28 nm CMOS transformer-coupled power amplifier for WiGig applications," *IET Electronics Letters*, vol. 50, no. 20, pp. 1451-1453, Sep. 25 2014. (IF: 0.93)
- [B-16] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, T. Taris, N. Regimbal, J-M. Pham, V. Dupuy, and E. Kerherve, "A microwave switchable low noise power amplifier for an active backscatter tag," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 56, no. 5, pp. 1251-1255, May 2014. (IF: 0.568)
- [B-17] **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Simultaneous electric and magnetic two-dimensionally tuned parameter-agile SIW devices," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 61, no. 1, pp. 423-435, Jan. 2013. (IF: 2.943)
- [B-18] **A. Ghiotto**, **S. Adhikari**, and K. Wu, "Ferrite-loaded substrate integrated waveguide switch," *IEEE Microwave and Wireless Component Letters*, vol. 22, no. 3, pp. 120-122, Mar. 2012. (IF: 1.784)

- [B-19] Y. Duroc, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "On the characterization of UWB antennas," *Wiley, International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 258-269, March 2009. (IF: 0.405)
- [B-20] Y. Duroc, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "Parametric modeling of ultrawideband antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 11, pp. 3103-3105, Nov. 2007. (IF: 1.636)
- [B-21] T.P. Vuong, **A. Ghiotto**, Y. Duroc, and S. Tedjini, "Design and characteristics of a small U-slotted planar antenna for IR-UWB," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, no. 7, pp. 1727-1731, Jul. 2007. (IF: 0.631)
- [B-22] Y. Duroc, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "UWB antennas: systems with transfer function and impulse response," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 5, pp. 1449-1451, May 2007. (IF: 1.636)
- [B-23] **A. Ghiotto**, M. Bourry, and K. Wu, "Cross slot coupled elliptical patch antenna circularly polarized for localization," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, no. 2, pp. 336-339, Feb. 2007. (IF: 0.631)

► 3. Revues nationales avec comité de lecture

- [C-1] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "Les systèmes RFID UHF passifs et leur environnement," *REE : Revue de l'Électricité et de l'Électronique*, no 6-7, pp 75-79, juin/juillet 2009.

► 4. Revues nationales à caractère pédagogique

- [D-1] G. Ferre, R. Tajan, and **A. Ghiotto**, "Simulation d'un émetteur / récepteur ADS-B et décodage temps réel à l'aide : de Matlab, d'une radio logicielle et d'une antenne patch," *J3eA, Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes*, vol. 15, 15 juin 2016.

► 5. Brevets

- [E-1] **A. Ghiotto** and **F. Parment**, V. Armengaud, and L. Carpentier "Intégration et slef-packadging de circuits actifs en technologies PCB Creuses," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 60188, Oct. 2017.
- [E-2] **A. Ghiotto** and **F. Parment**, "Implémentation de poteaux inductifs dans une structure SIW et réalisation d'un filtre générique," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 54929, Jun. 2017.
- [E-3] **A. Ghiotto**, **F. Parment**, and L. Carpentier, "Composant micro-ondes présentant une chambre asymétrique de propagation," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 54934, Jun. 2017.
- [E-4] P. Garrec, **T. Despoisse**, and **A. Ghiotto**, "Dispositif de modulation d'un signal hyperfréquence, transpondeur comportant un tel dispositif, et balise répondeuse équipée

- d'un tel transpondeur," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 00264, Mar. 2017.
- [E-5] P. Garrec, **A. Ghiotto**, and G. Morvan, "Procédé d'alimentation multiple pour des antennes patch," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 00101, Fev. 2017.
- [E-6] P. Garrec, **A. Ghiotto**, and G. Morvan, "Procédé d'alimentation à émission et réception séparées pour des antennes patch," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 00103, Fev. 2017.
- [E-7] **A. Ghiotto**, F. Lots, **T. Martin**, **A. Marque**, and P. Monteil, "Composant micro-ondes et procédé de réglage associé," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 16 61964, Dec. 2016.
- [E-8] **F. Voineau**, **A. Ghiotto**, and E. Kerherve, "Ensemble pour la propagation d'ondes dans la gamme de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 16 54003, May 2016.
- [E-9] J. Gauthier, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Bi-directional and multi-frequency RF signaling system," brevet d'invention, WO 2012/012901 (A1), US 20130119135 (A1), Jul. 2010.

► 6. Direction d'ouvrages et proceedings

- [F-1] T. Taris and **A. Ghiotto**, "IJMWT special issue on the 2015 French Microwave Days," *EuMA International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, vol. 8, no. 3, pp. 397-398, May 2016. (IF: 0.976)

► 7. Conférences internationales invitées avec actes

*Orateur

- [G-1] **A. Ghiotto**, **F. Parment**, **T. Martin***, T.P. Vuong, and K. Wu, "Air-filled substrate integrated waveguide – A flexible and low loss technological platform" *IEEE International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)*, Serbia, Nis, 18-20 Oct. 2017.
- [G-2] **T. Martin**, **F. Parment**, **A. Ghiotto***, T.P. Vuong, and K. Wu, "Air-filled SIW interconnections for high performance millimeter-wave circuit and system prototyping and assembly," *IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization for RF, Microwave and Therahertz Applications*, Sevilla, 17-19 May, 2017.
- [G-3] C. Tomassoni*, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregrini, and **A. Ghiotto**, "A novel filter based on a dual-mode air-filled substrate integrated waveguide cavity resonator," *IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization for RF, Microwave and Therahertz Applications*, Sevilla, 17-19 May, 2017.
- [G-4] **A. Ghiotto***, **F. Parment**, T.P. Vuong, and K. Wu, "Multilayer-substrate integration technique of air-filled waveguide circuits," *IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization for RF, Microwave and Therahertz Applications*, Beijing, 27-29 Jul., 2016.
- [G-5] **A. Ghiotto***, **A. Doghri**, **F. Parment**, T. Djerafi, T.P. Vuong, and K. Wu, "3-dimensional and high-performance air-filled SIW devices for millimeter-wave substrate integrated

- circuits and systems,” *8th IEEE Global Symposium on Millimeter-Waves*, Montreal, 25-27 May. 2015.
- [G-6] **A. Ghiotto***, A. Larie, E. Kerhervé, B. Leite, B. Martineau, V. Knopik, L. Vogt, and D. Belot, “Design of high performance CMOS power amplifiers for 60 GHz applications,” *URSI Atlantic Radio Science Conference*, Canary Islands, 18-22 May 2015.
- [G-7] **A. Ghiotto***, E. Kerhervé, N. Demirel, A. Larie, P. Garrec, and Y. Mancuso, “Dual-mode power amplifier module with in-band reconfigurable output power for multifunctional radar and radio communication systems,” *IEEE Radar 2014*, Lille, France, 13-17 October 2014.
- [G-8] Y. Duroc*, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “UWB antennas: design and modeling,” *Int. Conf. Communications and Electronics*, Vietnam, pp. 316-323, Jun. 2008.
- [G-9] T.P. Vuong*, **A. Ghiotto**, E. Perret, R. Siragusa, A. Pouzin, and S. Tedjini, “Conception et miniaturisation des antennes pour les tags RFID UHF passifs,” Conférence invitée, *OHD2007*, Valence, France, 5-7 septembre 2007.

► 8. Workshops, séminaires et notes d’application

*Orateur

- [H-1] **A. Ghiotto***, **F. Parment**, T.P. Vuong, and K. Wu, “Emerging air-filled SIW technology for high performance and low-cost integrated circuits and systems at mmW and beyond,” *IEEE MTT-S International Microwave Symposium, Workshop WFF: Emerging Transmission Line Technologies for Interconnect, Components, Circuits and Systems*, Hawaii, Honolulu, 4-9 Jun. 2017.
- [H-2] **A. Ghiotto***, **F. Parment**, T.P. Vuong, and K. Wu, “Emerging air-filled SIW technology for high performance integrated circuits and systems at millimeter-wave and beyond,” *EuMA International summer school Microwave Systems for the IoT, European Courses on Microwave (EuCoM)*, Pavia, Italy, 7-9 Sept. 2016.
- [H-3] **F. Parment***, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Nouvelle technologie SIW pour les applications spatiales,” *2016 CST Workshop Series*, Grenoble, France, 14 Jun. 2016.
- [H-4] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, E. Kerherve, and K. Wu, “A dual-band antenna for a sounding rocket,” *CST – Computer Simulation Technology Application Note*, May. 2016.
- [H-5] **F. Parment***, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Nouvelle technologie SIW-air pour les applications millimétriques,” *2015 CST Workshop Series*, Grenoble, France, 15 Jun. 2015.
- [H-6] **F. Parment***, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Broadband transition from dielectric-filled to air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits,” *Réunion Générale du Chapitre IEEE MTT France*, Bordeaux, 17 Oct. 2014.
- [H-7] **A. Ghiotto***, E. Kerhervé, and S. Aloui, “Challenges of the integration of millimeter wave power amplifier using nanometer silicon technologies,” *Nanjing IEEE MTT-AP-EMC Joint Chapter*, Key-State Laboratory of Millimeter-Wave, Nanjing, China, 25 Aug. 2014.
- [H-8] **A. Ghiotto***, A. Larie, E. Kerhervé, B. Leite, B. Martineau, and D. Belot, “From 65nm to 28nm power amplifiers for 60GHz applications,” *IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology*, Hefei, China, 27-30 Aug. 2014.

- [H-9] E. Kerherve, **A. Ghiotto***, and S. Aloui, “L'enjeu de l'intégration des fonctions amplifications millimétriques dans le silicium nanométrique,” *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 Oct. 2013.
- [H-10] **A. Ghiotto***, “Design of passive UHF RFID tag antennas and active RFID systems,” *SYSAPA (Hao Sen Lotus project of Egide) Workshop*, MICA research center, Hanoi, Vietnam, Dec. 19, 2012.
- [H-11] **A. Ghiotto*** and T.P. Vuong, “RFID antenna design using CST microwave studio,” *CST microwave studio workshop*, European Microwave Week – EuMW2010, Paris, 26 Sept.-1 Oct., 2010.

► 9. Conférences internationales avec actes

Incluant 13 IEEE-MTT-IMS (la conférence majeure et la plus sélective de mon domaine)

- [I-1] **F. Voineau**, B. Martineau, M. Sié, **A. Ghiotto**, and E. Kerhervé, “A differential vertical hybrid coupler and low capacitance RF pads for millimeter-wave applications in 28 nm CMOS FDSOI,” Oral, *IEEE Topical Meetings on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SIRF)*, California, Anaheim, 14-17 Jan. 2018.
- [I-2] **F. Voineau**, C. Dehos, B. Martineau, M. Sié, M. Perchicot, **A. Ghiotto**, and E. Kerhervé, “A 12 Gb/s 64QAM and OFDM compatible millimeter-wave communication link using a novel plastic waveguide design,” Poster, *IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, California, Anaheim, 14-17 Jan. 2018.
- [I-3] **F. Mesquita**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, Y. Creveuil, and M. Régis, “High-efficiency watt-level MASMOS power amplifier for LTE applications,” Oral, *13th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)*, Nuremberg, 10-12 Oct. 2017.
⇒ **Sélectionné parmi les 5 papiers finalistes du « EuMIC Young Engineers Prize »**
- [I-4] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregri, and **A. Ghiotto**, “A dual-mode quasi-elliptic filter in air-filled substrate integrated waveguide technology,” Oral, *47th IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Nuremberg, 10-12 Oct. 2017.
- [I-5] **T. Martin**, **A. Ghiotto**, A. Marque, T.P. Vuong, F. Lotz, P. Monteil, and L. Carpentier, “Broadband air-filled SIW to waveguide transition for interconnect, instrumentation and measurement applications,” Oral, in proc. *IEEE IMWS-AMP*, Pavia, Italy, 20-22 Sep. 2017.
- [I-6] **N. H. Nguyen**, **F. Parment**, **A. Ghiotto**, K. Wu, and T.P. Vuong, “A fifth-order air-filled SIW filter for future 5G applications,” Oral, in proc. *IEEE IMWS-AMP*, Pavia, Italy, 20-22 Sep. 2017.
- [I-7] **F. Voineau**, **A. Ghiotto**, E. Kerhervé, B. Martineau, and M. Sié, “Broadband 55 – 95 GHz microstrip to waveguide transition based on a dielectric tip and a tapered double-ridged waveguide section,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Hawaii, Honolulu, pp. 723-726, 4-9 Jun. 2017.
- [I-8] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, L. Carpentier, and K. Wu, “Substrate integrated suspended line to air-filled SIW transition for high-performance millimeter-wave multilayer integration,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Hawaii, Honolulu, pp. 719-722, 4-9 Jun. 2017.
- [I-9] **T. Martin**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, F. Lotz, and P. Monteil, “High performance air-filled substrate integrated waveguide filter post-process tuning using capacitive post,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Hawaii, Honolulu, pp. 196-199, 4-9 Jun. 2017.

- [I-10] **A. Ghiotto**, “Air-filled substrate integrated waveguide: a low cost self-packaged technological platform for high performance millimeterwave circuits,” Poster, *21st IEEE Workshop on Signal and Power Integrity (SPI)*, Lake Maggiore Baveno, 7-10 May 2017.
⇒ **IEEE SPI 2017 Young Investigator Training Program Award**
- [I-11] **D. Polge**, **A. Ghiotto**, E. Kerhervé, and P. Fabre, “3.4 to 4.8 GHz 65 nm CMOS power amplifier for UWB location tracking application for emergency services,” Oral, *11th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)*, London, 3-7 Oct. 2016.
- [I-12] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Broadband directional Moreno coupler for high-performance air-filled SIW-based substrate integrated systems,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, San Francisco, California, 22-27 May 2016.
- [I-13] **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, and D. Paches, “0.3-42.5 GHz wideband common emitter amplifier driver unit in 55 nm SiGe BiCMOS for 60 Gb/s silicon photonic Mach-Zehnder modulator,” Oral, *IEEE NEWCAS 2016*, Vancouver, Canada, 26-29 Jun. 2016.
- [I-14] **J. Couvidat**, G. P. Gibiino, G. Pailloncy, M. Vanden Bossche, **A. Ghiotto**, and D. Schreurs, “A compact measurement set-up for envelope-tracking RF PAs with calibrated sensing of baseband V/I at the supply terminal,” *ARFTG 86 th Microwave Measurement Conference Microwave Measurements with Applications to Bioengineering and Biomedicine*, Atlanta, Georgia, 1-4 Dec. 2015.
- [I-15] A. Curutchet, **A. Ghiotto**, M. Potéreau, M. De Matos, S. Fregonese, E. Kerhervé, and T. Zimmer, “Early demonstration of a high VSWR microwave coaxial programmable impedance tuner with coaxial slugs,” Oral, *45rd IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Paris, 6-11 Sep. 2015.
⇒ **Sélectionné parmi les 4 papiers finalistes du « EuMC Microwave Prize » (443 articles acceptés au total avec un taux d’acceptation de 56%)**
- [I-16] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, D. Pache, and E. Kerhervé, “High speed phase modulator driver unit in 55 nm SiGe BiCMOS for a single-channel 100 Gb/s NRZ silicon photonic modulator,” Oral, *10th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)*, Paris, 6-11 Sep. 2015.
- [I-17] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Low-loss air-filled substrate integrated waveguide (SIW) band-pass filter with symmetric inductive posts,” Oral, *45rd IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Paris, 6-11 Sep. 2015.
- [I-18] T. Djerafi, K. Wu, **A. Marque**, and **A. Ghiotto**, “Chipless substrate integrated waveguide tag for millimeter wave identification,” *8th IEEE Global Symposium on Millimeter-Waves*, Montreal, 25-27 May. 2015.
- [I-19] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Air-filled SIW transmission line and phase shifter for high performances and low-cost U-band integrated circuits and systems,” *8th IEEE Global Symposium on Millimeter-Waves*, Montreal, 25-27 May. 2015.
- [I-20] **F. Parment**, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Broadband transition from dielectric-filled to air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, Tampa, June 2014.
- [I-21] S. Hemour, **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Low magnetic biased SIW-based isolator -- Effect of the rising temperature on the performance of the isolator,” Oral, *IEEE Wireless and Microwave Technology Conference*, Tampa, June 2014.
- [I-22] **K. Wang**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Harmonic feedback-loop oscillator for pulling effect reduction and improved phase noise,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, Tampa, June 2014.

- [I-23] **A. Doghri**, T. Djerafi, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Schwinger coupler for substrate integrated circuits and systems,” Oral, 43rd *IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Nuremberg, pp. 306-309, 6-11 Oct. 2013.
- [I-24] **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, S. Hemour, and K. Wu, “Tunable non-reciprocal ferrite loaded SIW phase shifter,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2013)*, Seattle, 2-7 June 2013.
- [I-25] **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Low-cost frequency modulated ferrite loaded SIW oscillator for high-power microwave transmitter,” Poster, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2013)*, Seattle, 2-7 June 2013.
- [I-26] **A. Doghri**, T. Djerafi, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “SIW 90-degree twist for substrate integrated circuits and systems,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2013)*, Seattle, 2-7 June 2013.
- [I-27] **A. Doghri**, **A. Ghiotto**, T. Djerafi, and K. Wu, “Corrugated SIW L-folded antipodal parabolic tapered slot antenna,” Oral, *IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2012)*, Kaohsiung, 4-7 Dec. 2012.
- [I-28] **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Simultaneous electric and magnetic two-dimensional tuning of substrate integrated waveguide cavity resonator,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2012)*, Montreal, 17-22 Jun. 2012.
⇒ **Finaliste à la compétition des meilleurs papiers étudiants IEEE-MTT-IMS**
- [I-29] **A. Doghri**, **A. Ghiotto**, T. Djerafi, and K. Wu, “Compact and low cost substrate integrated waveguide cavity and bandpass filter using surface mount shorted stubs,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2012)*, Montreal, 17-22 June 2012.
- [I-30] T. Djerafi, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Antipodal fin-line waveguide to substrate integrated waveguide transition,” Poster, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2012)*, 17-22 June 2012.
- [I-31] **A. Doghri**, T. Djerafi, **A. Ghiotto**, and K. Wu, “Broadband substrate-integrated-waveguide six-port applied to the development of polarimetric imaging radiometer,” Oral, *41st IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Manchester, 9-14 Oct. 2011.
- [I-32] **A. Doghri**, **A. Ghiotto**, T. Djerafi and K. Wu, “Early demonstration of a passive millimeter-wave imaging system using substrate integrated waveguide technology,” Oral, *11th IEEE Mediterranean Microwave Symposium – MMS2011*, Hammamet, Tunisia, 08-10 Sept. 2011.
- [I-33] T.N.H. Doan, **A. Ghiotto**, T.N.Y. Pham, and T.P. Vuong, “Design and realization of a new antenna for localization with RFID,” *Proceedings of the 5th European Conference Antennas and Propagation (EUCAP)*, 11-15 Apr. 2011.
- [I-34] M.T. Le, T.T.T. Vu, **A. Ghiotto**, Q.C. Nguyen, and T.P. Vuong, “Passive UHF RFID tag for vehicle identification and localization,” *South East Asian Technical Universities Consortium (SEATUC)*, Hanoi, 24-25 Feb. 2011.
- [I-35] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and K. Wu, “Chip and antenna impedance measurement for the design of passive UHF RFID tag,” Poster, *13th IEEE European Microwave Week – EuMW2010*, Paris, 26 Sept.-1 Oct. 2010.
- [I-36] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and K. Wu, “Novel design strategy for passive UHF RFID tags,” Oral, *14th IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics [ANTEM]*, Ottawa, Canada, July 2010.
- [I-37] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, S. Tedjini, and K. Wu, “Design of passive ultra-high frequency radio-frequency identification tag miniaturized patch,” Oral, *29th General Assembly of URSI 2008*, Chicago, 7-16 Aug. 2008.
⇒ **Prix URSI “Young Scientist Award”**

- [I-38] **A. Ghiotto**, S. F. Cantalice, T.P. Vuong, A. Pouzin, G. Fontgalland, and S. Tedjini, “Miniaturized patch antenna for the radio frequency identification of metallic objects,” Oral, *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2008)*, Atlanta, 15-20 June 2008.
- [I-39] **A. Ghiotto**, T.N.H. Doan, T.P. Vuong, L. Guilloton, G. Fontgalland, and S. Tedjini, “Étude d’une antenne planaire compacte pour lecteurs portables RFID UHF,” Oral, *OHD2007*, Valence, France, 5-7 Sep. 2007.
- [I-40] T.N.H. Doan, **A. Ghiotto**, L. Guilloton, T.P. Vuong, Pham Thi, and Castelli, “Conception et réalisation d’une antenne pour un lecteur RFID-PDA,” Poster, *OHD2007*, Valence, France, 5-7 Sep. 2007.
- [I-41] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, M.C.E. Yagoub, and S. Tedjini, “On the design and miniaturization of passive UHF RFID transponder antenna,” *URSI2007*, Ottawa, Canada, Jul. 2007.
- [I-42] A. Ibrahiem, **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “Bi-band fractal antenna design for RFID applications at UHF,” Poster, *1st European Conference on Antenna and Propagation*, Nice, France, Nov. 2006.
- [I-43] A. Ibrahiem, T.P. Vuong, **A. Ghiotto**, and S. Tedjini, “New design antenna for RFID UHF transponders,” Poster, *IEEE AP-S International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting*, New Mexico, USA, Jul. 2006.
- [I-44] **A. Ghiotto**, A. Ibrahiem, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “New bi-band fractal antennas,” Oral, *12th IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics [ANTEM] and the Canadian Radio Sciences (CNC-URSI) [URSI] Conference*, Montréal, Canada, Jul. 2006.
- [I-45] E. F. Silva, K. C. Santos, **A. Ghiotto**, G. Fontgalland, and T.P. Vuong, “Compact electromagnetic reverberation chamber design and construction,” Oral, *12th IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics [ANTEM] and the Canadian Radio Sciences (CNC-URSI) [URSI] Conference*, Montréal, Canada, Jul. 2006.
- [I-46] E. S. Pires, G. Fontgalland, M. A. B. de Melo, R. M. Valle, G. F. Aragão, T.P. Vuong, and **A. Ghiotto**, “Proposal of a new compact quasi-isotropic radiator,” Oral, *12th IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics [ANTEM] and the Canadian Radio Sciences (CNC-URSI) [URSI] Conference*, Montréal, Canada, Jul. 2006.

► 10. Conférences nationales avec actes

- [J-1] **T. Martin**, A. Ghiotto, A. Marque, F. Lotz, P. Monteil, T.P. Vuong, and L. Carpentier, “Transition large bande guide d’onde vers SIW creux pour des applications d’instrumentation et mesures,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Sophia Antipolis, 23-25 oct. 2017.
- [J-2] **N. H. Nguyen**, **F. Parment**, A. Ghiotto, A. Vilcot, K. Wu, and T.P. Vuong, “Une méthodologie performante pour designer le filtre passe-bande en technologie SIW creux,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Sophia Antipolis, 23-25 oct. 2017.
- [J-3] **F. Mesquita**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, Y. Creveuil, and M. Régis, “Amplificateur de puissance MASMOS à cellules de puissance reconfigurables pour applications LTE,” Oral, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-4] **F. Voineau**, **A. Ghiotto**, E. Kerhervé, B. Martineau, and M. Sié, “Transition ligne micro-ruban / guide d’ondes de 55 à 95 GHz par l’ajout d’une pointe diélectrique et d’une section

- à double moulure,” Oral, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-5] **T. Martin, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, F. Lotz, and P. Monteil, “Accord d'un filtre intégré haute performance en SIW-creux après fabrication en utilisant des plongeurs capacitifs,” Poster, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-6] **M. Potéreau, M. Romain, A. Marque, A. Ghiotto**, and N. Deltimple, “Déecteur de puissance intégré sur silicium stabilisé en température basé sur un coupleur compacte pour application spatial en bande Ka,” Oral, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-7] **A. Marque, M. Potéreau, A. Ghiotto**, and N. Deltimple, “Amplificateur à gain variable en bande Ka sur silicium pour applications spatiales,” Poster, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-8] **T. Despoisse, A. Ghiotto**, and P. Garrec, “Balise à surface équivalente modulée active pour l'identification par radar Doppler de drones en phase d'atterrissage,” Poster, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-9] **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Réseau d'antennes à fentes SIW-creux,” Poster, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-10] **T. Despoisse, A. Ghiotto**, A. Marque, J. Nicot, A. Gautier, X. Lamboley, S. Destor, S. Villers, “Antenne à fentes à cavité pour fusée expérimentale,” Poster, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-11] **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, L. Carpentier, and K. Wu, “Nouvelle transition d'une ligne suspendue intégrée au substrat vers du SIW creux pour une intégration multicouche en bande millimétrique,” Oral, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-12] **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Conception d'un nouveau déphaseur compensé millimétrique en technologie SIW creux,” Oral, 20èmes Journées Nationales Microondes, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [J-13] I. S. S. Lima, **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and K. Wu, “Transition large bande entre un SIW et un demi-SIW (HMSIW) utilisant de l'air comme diélectrique,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Lyon, 19-21 oct. 2015.
- [J-14] **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Nouvelle technologie GISA à hautes performances pour la conception de déphaseur dans le domaine millimétrique,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Lyon, 19-21 oct. 2015.
- [J-15] **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Nouvelle technologie GISA pour la conception de filtre passe-bande à pont inductif à hautes performances dans le domaine millimétrique,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Lyon, 19-21 oct. 2015.
- [J-16] **F. Parment, A. Ghiotto**, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Nouvelle technologie GISA pour la conception de dispositifs dans le domaine des applications millimétriques à hautes performances,” Poster, *19èmes Journées Nationales Microondes, Bordeaux*, 2-5 juin 2015.
- [J-17] **F. Parment**, T.P. Vuong, **A. Ghiotto**, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Antenne ATSA en bande Ka basée sur la technologie guide d'onde intégré au substrat et réalisée en circuit imprimé multi-couches,” Oral, *19èmes Journées Nationales Microondes, Bordeaux*, 2-5 juin 2015.
- [J-18] A. Curutchet, **A. Ghiotto**, M. Potéreau, M. Dematos, S. Fregonese, E. Kerhervé, and T. Zimmer, “Caractérisation et modélisation d'une nouvelle technologie de synthétiseur

- d'impédances automatique coaxial 3,5 mm à fort TOS," Poster, *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [J-19] **D. Polge**, **A. Ghiotto**, E. Kerhervé, and P. Fabre, "Conception d'une chaîne d'amplification de puissance commutée à faible temps d'établissement pour applications ultra large bande faible consommation en technologie CMOS 65 nm," Poster, *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [J-20] **F. Voineau**, R. Pilard, B. Martineau, M. Sié, **A. Ghiotto**, and E. Kerhervé, "Conception d'un guide d'ondes en plastique pour le transfert de données à haut débit et bas coût aux fréquences millimétriques," Oral, *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [J-21] **J. Couvidat**, **C. Moreno**, **A. Ghiotto**, G. Morizet, and A. Karas, "Système antennaire compact pour CanSat comportant un monopole déployable assurant la fonction télémétrie et deux antennes patch pour un radar FMCW altimétrique," Poster, *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [J-22] S. Villers, A. Malhage, **J. Prades**, **A. Marque**, and **A. Ghiotto**, "Sondes VHF pour mesure d'antenne en champ proche ; Validation d'une antenne de fusée expérimentale du club étudiant EirSpace," Oral, *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [J-23] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, D. Pache, and E. Kerhervé, "Pilote de modulateur optique pour des applications photonique 100 Gbits/s sur silicium," Oral, *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [J-24] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, D. Pache, and E. Kerhervé, "Conception d'un driver unitaire pour modulateur de phase optique haute vitesse en technologie BiCMOS SiGe 55 nm pour un modulateur photonique intégré sur silicium 100 Gbits/s NRZ à un seul canal," *Journées Nationales du Réseau Doctoral en Micro-nanoélectronique*, Bordeaux, 5-7 mai 2015.
- [J-25] **J. Prades**, **A. Marque**, and **A. Ghiotto**, "Design of RF tranceiver for experimental rocket," Oral, *Réunion générale du Chapitre IEEE MTT France*, Bordeaux, 17 oct. 2014.
- [J-26] **J. Prades**, **A. Ghiotto**, S. Adhikari, E. Kerhervé, and K. Wu, "Amplificateur de puissance Doherty optimisé en linéarité et en rendement," *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 oct. 2013.
- [J-27] **F. Parment**, T.P. Vuong, **A. Ghiotto**, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Antenne ATSA en bande Ka basée sur la technologie guide d'onde intégré au substrat et réalisé en circuit imprimé multi-couches," *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 octobre 2013.
- [J-28] **D. Polge**, P. Fabre, **A. Ghiotto**, and E. Kerhervé, "Implémentation d'un amplificateur de puissance pour un système de localisation ultra large bande dédié aux situations d'urgence," *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 oct. 2013.
- [J-29] **J. Prades**, **A. Marque**, **A. Ghiotto**, and E. Kerhervé, "Antennes VHF monopole repliée et à fente pour fusées expérimentales," *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 oct. 2013.
- [J-30] **A. Ghiotto**, **S. Adhikari**, K. Wu, and E. Kerhervé, "Atténuateur micro-onde réfléchif variable basé sur un guide d'onde intégré au substrat chargé de ferrite," *18èmes Journées Nationales Microondes*, Paris, 14-17 mai 2013.
- [J-31] **S. Adhikari**, **A. Ghiotto**, and K. Wu, "Two-dimensionnally tuned SIW devices," Poster, *Journées nationale du Centre de Recherche En Électronique Radiofréquence (CREEER) du Québec*, Montréal, 19 sep. 2012.
- [J-32] **A. Ghiotto**, T.N.H. Doan, M.T. Le, T.N.Y. Pham, Q.C. Nguyen, F. Ndagijmana, and T.P. Vuong, "Conception et miniaturisation des antennes pour les tags et les lecteurs RFID UHF

- passifs pour la localisation des personnes et des objets,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Paris, 2-4 nov. 2009.
- [J-33] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, K. Wu, and S. Tedjini, “Adaptation d’impédances d’antennes aux impédances de circuits de tags RFID UHF passifs,” Poster, *16èmes Journées Nationales Microondes*, Grenoble, 27-29 mai 2009.
- [J-34] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, S. Tedjini, and K. Wu, “La compatibilité électromagnétique des systèmes RFID UHF passifs,” Oral, *Journée scientifique du CNFRS / URSI 2008*, Paris, 20 mai 2008.
- [J-35] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, S. Tedjini, and K. Wu, “Etude d’antennes planaires compactes pour lecteurs RFID UHF embarqués,” Poster, *Ansoft « First-Pass System Success – Application Workshop for High-Performance Electronic Design »*, Paris, 22 Janvier 2008.
- [J-36] E. Macedo, D. Bucci, T.P. Vuong, G. Fontgalland, and **A. Ghiotto**, “Etude d’un émetteur compacte pour applications ultra large bande,” Poster, *Ansoft « First-Pass System Success – Application Workshop for High-Performance Electronic Design »*, Paris, 22 Janvier 2008.
- [J-37] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, S. Tedjini, and M. C. E. Yagoub, “Conception d’une antenne de tag RFID UHF passif,” Poster, *15èmes Journées Nationales Microondes [JNM]*, Toulouse, 23-24-25 mai 2007.
- [J-38] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “Antennes pour la RFID,” *Colloque Aratem’2007, Capteurs autonomes en réseau*, Valence, 24-26 avr. 2007.
- [J-39] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, E. Perret, and S. Tedjini, “Conception et miniaturisation des antennes RFID UHF passives,” Oral, URSI France, *Journées scientifiques du CNFRS 2007*, Paris, 20-21 mar. 2007.
- [J-40] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “Conception, Réalisation et caractérisation d’antennes et de systèmes de télécommunication sans fil,” Poster, *Semaine de la traçabilité*, Paris, 23-25 jan. 2007.
- [J-41] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “ORSYS/LCIS - Conception, réalisation et caractérisation d’antennes pour les systèmes de télécommunication sans fil,” Poster, *Ansoft « Leading Insight »*, Paris, 14 nov. 2006.
- [J-42] **A. Ghiotto**, D. Bechevet, T.P. Vuong, V. Berouille, R. Khouri, Y. Duroc, Y. Joannon, and S. Tedjini, “RFID - radiofrequency identification,” Poster, *Colloque de l’Agence Rhône-Alpes pour la Maîtrise des Technologies de Mesure (ARATEM)*, Saint-Étienne, 9 fév. 2006.
- [J-43] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, S. Tedjini, and M. Bourry, “Antenne à polarisation circulaire pour une application de localisation par RFID,” Poster, *Réunion générale du GDR-Ondes*, Besançon, 21-23 nov. 2005.

► 11. Conférences nationales à caractère pédagogique avec actes

- [K-1] **A. Ghiotto**, **J. Prades**, **A. Marque**, **L. Thulliez**, and S. Destor, “La fusée expérimentale : une plateforme riche, attractive et valorisante pour l’apprentissage des techniques radiofréquences et la conception de systèmes électroniques embarqués,” *CETIS2014 : Enseignement des Technologies et des Sciences de l’Information et des Systèmes*, Besançon (France), 27-29 oct. 2014.

► 12. Vidéo à caractère pédagogique

- [K-2] **S. Allam**, **Y. Bahou**, **A. Ghiotto**, C. Faurens, and **J. Prades**, “Our submarine officers on red alert! Beamforming for enhanced in deep ocean satellite communication,” IEEE MTT-S YouTube/YouKu Video Competition, Feb. 2015.
 ⇒ Disponible ici : <https://www.youtube.com/watch?v=LyUCw1qKINM>
 ⇒ 3^{ème} place au concours de vidéo 2015 d’IEEE MTT-S

► 13. Mémoires

- [M-1] **A. Ghiotto**, “Conception d’antennes de tags RFID UHF, application à la réalisation par jet de matière,” *Thèse de doctorat de l’Institut Polytechnique de Grenoble*, débuté en octobre 2005, soutenue le 26 nov. 2008, directeur : T.P. Vuong, Co-directeur : S. Tedjini, financement : MENRT.
- [M-2] **A. Ghiotto**, “Étude et conception d’un prototype de transpondeur RF pour des applications de localisation local 3D à 5,8 GHz,” *Thèse de Master Optique et Radiofréquence de l’Institut Polytechnique de Grenoble*, encadrement : M. Bourry et K. Wu, sep. 2005.

► 14. Participation à la rédaction de rapports

- [N-1] ESA ARTES 5.1 project report, Highly integrated channel amplifiers and linearizers based on silicon technology, **M. Potereau**, **A. Marque**, N. Deltimple, **A. Ghiotto**, O. Jardel, H. Leblond, S. Rochette, J-F. Villemazet, “First die measurement report,” Jun. 2017.
- [N-2] Programme Nano 2017, livrable 7, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Caracterisation du driver unitaire (version n°2), conception du driver complet et simulation electro-optique,” Jun. 2017.
- [N-3] Programme Nano 2017, livrable 6, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Rapport de l’assemblage avec le modulateur optique,” Dec. 2016.
- [N-4] Programme Nano 2017, livrable 5, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Étude finale du placement routage du circuit (layout) et envoi en fabrication,” Dec. 2016.
- [N-5] Programme Nano 2017, livrable 4, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Premier rapport de mesure et caractérisation du prototype,” Jun. 2016.
- [N-6] Programme Nano 2017, livrable 3, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Étude intermédiaire du placement routage du circuit (Layout),” Jun. 2016.
- [N-7] **R. Bouché** and **A. Ghiotto**, “Dual-band transmitter and stabilization blade antenna for experimental rocket telemetry application,” IEEE MTT-S Undergraduate Scholarships Reports, Jun. 2016.
- [N-8] ESA ARTES 5.1 project report, Highly integrated channel amplifiers and linearizers based on silicon technology, **M. Potereau**, **A. Marque**, N. Deltimple, **A. Ghiotto**, O. Jardel, H. Leblond, S. Rochette, J-F. Villemazet, “Architecture trade-offs and preliminary design,” Jan. 2016.

- [N-9] ESA ARTES 5.1 project report, Highly integrated channel amplifiers and linearizers based on silicon technology, **M. Potereau**, **A. Marque**, S. Rochette, N. Deltimple, **A. Ghiotto**, O. Jardel, H. Leblond, J-F. Villemazet, “Literature review and patent survey,” Jan. 2016.
- [N-10] Programme Nano 2017, livrable 2, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Étude finale par simulation de l’amplificateur de puissance large bande – dimensionnement des composants constitutifs,” Dec. 2015.
- [N-11] **L. Thulliez** and **A. Ghiotto**, “Design of a 2.45 GHz FMCW radar altimeter for CanSat,” IEEE MTT-S Undergraduate Scholarships Reports, Dec. 2015.
- [N-12] Programme Nano 2017, livrable 1, **J. Prades**, E. Kerhervé, **A. Ghiotto**, et D. Pache “Étude intermédiaire par simulation de l’amplificateur de puissance large bande,” Jun. 2015.
- [N-13] **A. Marque** and **A. Ghiotto**, “Sounding rocket telemetry emitter, MID antenna and ground receiver antennas,” IEEE MTT-S Undergraduate Scholarships Reports, Jun. 2015.
- [N-14] Mirandela ENIAC European project deliverable D3.3.4, E. Kerhervé, B. Leite, **A. Ghiotto**, “60-GHz 28-nm CMOS PA characterization report,” Dec. 2013.
- [N-15] Rapport final du projet FUI NADEGE, **J. Prades**, Y. Veyrac, **A. Ghiotto**, N. Regimbal, et E. Kerhervé, “Étude de la chaîne d’émission,” Jan. 2013.
- [N-16] Mirandela ENIAC European project deliverable D3.2.2, E. Kerhervé, B. Leite, **A. Ghiotto**, “60-GHz 28-nm CMOS PA Design,” Nov. 2012.
- [N-17] Rapport final de projet CFQCU, K. Wu, T.P. Vuong et **A. Ghiotto**, “Recherche et développement des circuits intégrés innovateurs en ondes millimétriques,” Fonds de recherche nature et technologies du Québec, 2012.
- [N-18] Strategic Project Grant Report, K Wu and **A. Ghiotto**, “Low-cost integrated millimeter-wave imaging technique for advanced wireless sensing and security applications,” CRSNG, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 2010.
- [N-19] **A. Ghiotto**, S. Tedjini, T.P. Vuong, “Étude d’un tag RFID à 13,56 MHz pour l’identification de CD et de DVD,” Rapport final, consultation pour la société MPO, Oct. 2006.
- [N-20] **A. Ghiotto**, M. Zurita, S. Tedjini, “SP41 : Localisation, potentialités actuelles et évolution de normes,” rapport du BQR 2005, OCELO – Objets communicants, Expérimentation technologique et spécification, Avr. 2006.

► 15. Autres communications

- [O-1] **J. Prades** and **A. Ghiotto**, “First edition of the BEE Week: A successful event hold by the Bordeaux electrical engineering student branch,” *IEEE Region 8 News*, pp. 7, Apr.2015.
- [O-2] **J. Prades** and **A. Ghiotto**, “Inauguration of the Bordeaux Electrical Engineering Branch: The beginning of a very active IEEE student branch strongly involved in MTT activities,” *IEEE Microwave Magazine*, vol. 15, no. 7, pp. 130-131, Nov.-Dec. 2014.
- [O-3] **A. Ghiotto**, T.P. Vuong, and S. Tedjini, “Le LCIS : la synergie des compétences au service de l’électronique imprimée,” *La Lettre de l’Aratem*, N°33, pp. 9, Nov. 2007.

► 16. Résumé, indicateurs et statistiques

⇒ Résumé des publications

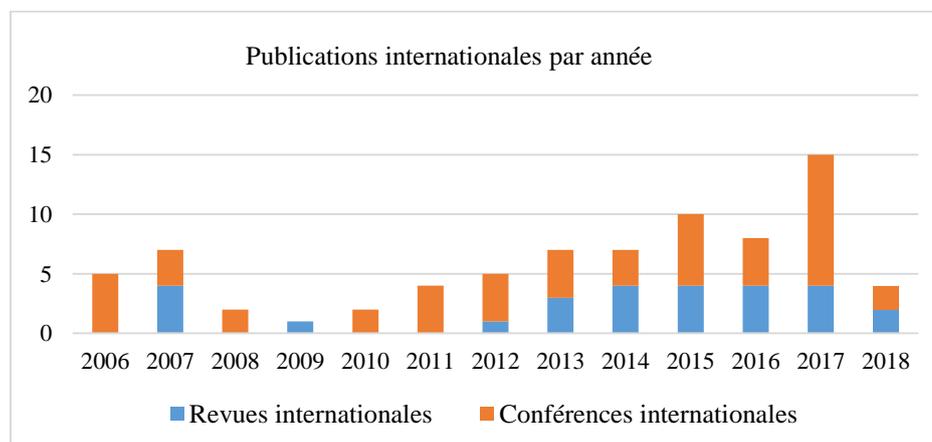
Type de publication	Nombre	Facteur d'impact total*
Articles de revues internationales	27 <i>(dont 4 invités, et 18 IEEE incluant 8 Transactions)</i>	44,3
Articles de revues nationales	1	/
Articles de revues nationales pédagogiques	1	/
Brevets	9	/
Direction d'ouvrages et proceedings	1	/
Papiers invités de conférences internationales	9	/
Workshops, séminaires et notes d'application	11	/
Articles de conférences internationales	46 <i>(dont 13 IEEE MTT IMS)</i>	/
Articles de conférences nationales	43	/
Articles de conférences pédagogiques	1	/
Total	149	44,3

*source: Thomson Reuters, donné à titre indicatif

Articles de revues internationales avec comité de lecture	Nombre	Facteur d'impact le plus récent*
Transactions on Microwave Theory and Techniques, IEEE	6	2,897
Transactions on Antennas and Propagation, IEEE	2	2,957
Microwave Magazine, IEEE	3	3,029
Microwave and Wireless Components Letters, IEEE	5	1,887
Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE	2	2,533
Electronics Letters, IET	3	1,155
International Journal of Microwave and Wireless Technologies, EuMA	1	0,976
Microwave and Optical Technology Letters, Wiley	4	0,731
International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, Wiley	1	0,746

*source: Thomson Reuters, donné à titre indicatif

⇒ Statistiques données à titre indicatif



Mémoire d'HDR

1. Introduction

Ce mémoire présente une synthèse de l'ensemble des sujets de recherche que j'ai traités ainsi que des résultats majeurs obtenus. L'exposé se divise en trois parties, chacune étant étroitement liée aux activités de recherche internationalement reconnues des groupes de recherche dans lesquels j'ai eu la chance de contribuer tout au long de mon riche parcours professionnel résumé sur la Fig. 1. De ce fait, j'ai eu la chance d'intégrer et de développer des compétences spécifiques aux fils des années, que j'ai pu partager et mettre à profit dans le cadre de mes différentes fonctions successives.

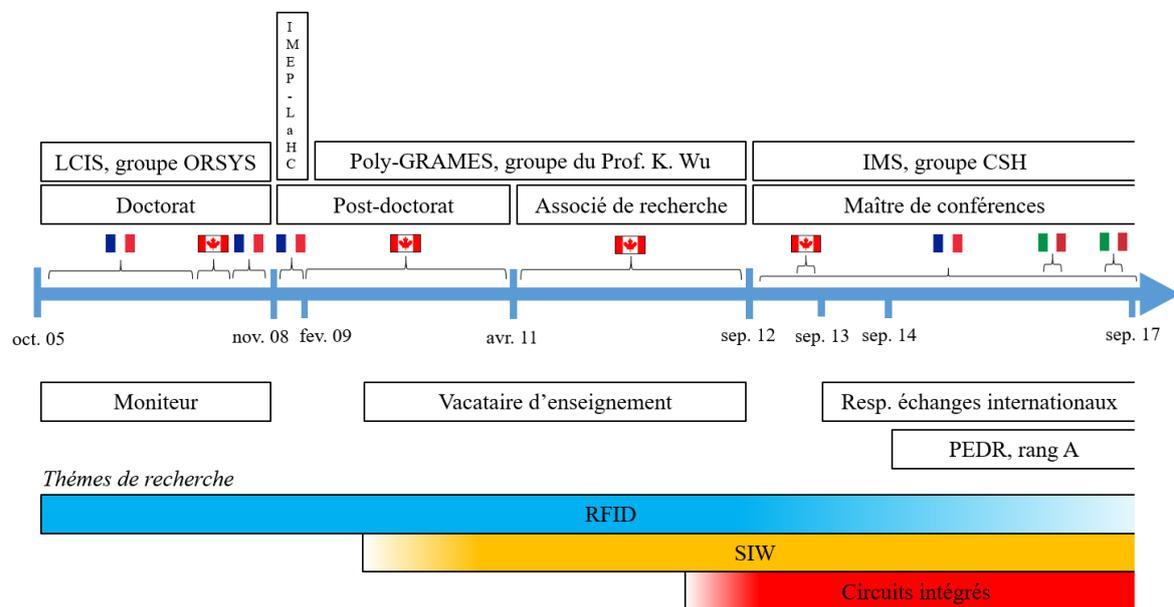


Fig. 1. Résumé de mon parcours professionnel.

Ainsi, un premier chapitre de ce mémoire se consacre à la radio-identification (RFID), thématique forte du groupe ORSYS (Optoelectronic & RF SYStems) du laboratoire LCIS, animé successivement par le Prof. S. Tedjini et le Prof. T.P. Vuong, et dans lequel j'ai réalisé mon doctorat durant 3 années. Un second chapitre traite des technologies d'intégration au substrat (SIW), sujet de recherche du groupe du Prof. K. Wu, dans lequel j'ai contribué durant trois années et demie et dont les travaux sur le sujet sont internationalement reconnus. Un troisième chapitre adresse la conception de circuits intégrés radiofréquences, sujet de recherche principal et internationalement reconnue du groupe Circuits et Systèmes Hyperfréquence (CSH), successivement animé par le Prof. E. Kerhervé et le Dr. N. Deltimple. Le point commun entre chacune de ses parties concernant la conception et caractérisation de composants, circuits et systèmes radiofréquences. Enfin, un quatrième et dernier chapitre expose les perspectives pour mes futures activités de recherche.

2. Composants, circuits et systèmes RFID

2.1. Introduction

La radio-identification (ou RFID pour « Radio Frequency Identification ») est une technologie d'identification relativement nouvelle qui a été développée dans les années 1980. Bien qu'étant apparue dans les années 1950, elle ne connaît un essor que depuis les années 1990. La RFID que l'on connaît aujourd'hui ne ressemble plus à son ancêtre, qui permettait à la RAF (Royal Air Force) de distinguer les avions alliés des avions ennemis. Les principes électromagnétiques sur lesquels elle repose aujourd'hui restent les mêmes, mais les progrès réalisés dans le domaine de l'électronique ont permis son développement. Un système RFID est composé de deux entités qui communiquent entre elles :

- Un tag ou étiquette intelligente (aussi appelé transpondeur), associé à l'élément à identifier. Il est capable de répondre à une demande venant d'un lecteur. On distingue les tags sans puce, c'est-à-dire ne disposant pas de circuit électronique, des tags à puce. Les tags sans puces ont une empreinte radar propre qui permet de les identifier soit dans le domaine temporel, soit dans le domaine fréquentiel. Parmi les tags à puce, on distingue les tags passifs, c'est-à-dire ne disposant pas d'une alimentation d'énergie propre (ces tags sont alimentés par l'énergie électromagnétique du lecteur RFID), les tags semi-actifs, c'est-à-dire les tags disposant d'une source d'énergie, mais qui ne possède pas de transmetteur, et enfin les tags actifs qui ont leur propre source d'alimentation et leur transmetteur.
- Une station de base ou lecteur RFID qui a pour mission d'identifier le tag. Le lecteur envoie une onde électromagnétique en direction de l'élément à identifier. En retour, il reçoit l'information renvoyée par le tag.

À titre d'illustration, la Fig. 2 représente un système RFID employant un tag passif.

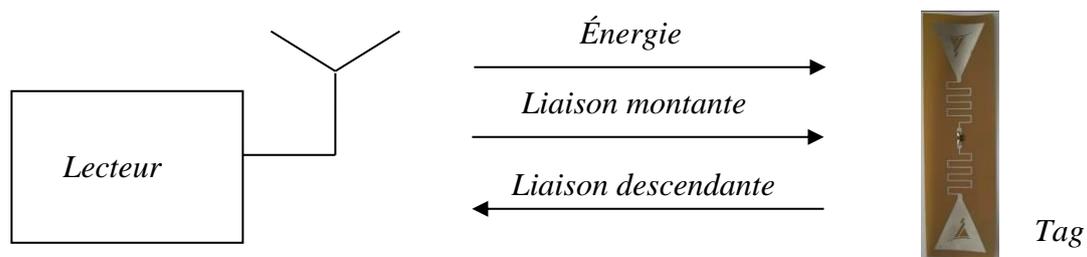


Fig. 2. Représentation d'un système RFID passif.

J'ai travaillé sur la thématique de la RFID dès 2005 dans le cadre de mon master recherche. Je m'étais alors consacré à la conception d'un tag RFID semi-actif et en particulier de son antenne à polarisation circulaire afin de permettre une lecture quelle que soit l'orientation du tag. J'ai ensuite mené des travaux de recherche dans le cadre de ma thèse de doctorat sur la conception d'antennes pour les lecteurs et les tags RFID. J'ai réalisé ces travaux au laboratoire LCIS sous la direction du Prof. T.P. Vuong et du Prof. S. Tedjini. Dans le cadre de ma thèse, je me suis intéressée à la conception d'antenne de tag et de lecteur RFID UHF et UWB (pour « ultra-wide band »).

J'ai ensuite intégré le centre de recherche Poly-GRAMES au Québec dans le cadre d'un post-doctorat, puis en tant qu'associé de recherche. Durant cette mobilité, je suis intervenu sur un projet de conception d'un système RFID implémentant un nouveau type d'oscillateur stabilisé en température. J'ai pu également intervenir sur la conception de rectenna, mettant en œuvre les principes de la RFID UHF passive.

Suite à mon intégration au laboratoire IMS, j'ai pu ponctuellement intervenir sur des projets en relation avec cette thématique. Dans un premier temps, je suis intervenue sur la conception d'un amplificateur de puissance faible bruit (LNPA) et en particulier son packaging, pour une balise répondeuse utilisée dans le cadre d'une application de localisation. Je suis ensuite intervenu, en collaboration avec le centre de recherche Poly-GRAMES sur la conception d'un système millimétrique de radio-identification (MMID) basé sur la technologie SIW, ainsi que sur la conception d'un nouvel oscillateur multiharmonique insensible à la traction de charge pour la conception de tag RFID actif. Enfin, dans le cadre d'une collaboration avec Thalès Systèmes Aéroportés, je suis intervenu dans la conception d'une balise répondeuse permettant d'ajouter une fonction d'identification à un radar FMCW d'aide à l'atterrissage.

Ce chapitre apporte une synthèse des travaux réalisés sur cette thématique de recherche, qui a occupé une assez grande partie de mon début de carrière et pour laquelle j'interviens aujourd'hui ponctuellement.

2.2. Les antennes de radio-identification

Cette première partie réalise une synthèse des activités de recherche menées au laboratoire LCIS sur la conception d'antennes pour les applications RFID. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de mon doctorat [1]. Une première partie est consacrée à la conception d'antennes 50Ω pour les lecteurs et tags actifs RFID UHF et UWB. Une seconde partie est consacrée à la conception d'antenne non 50Ω pour les tags RFID UHF passifs.

2.2.1. Antennes RFID 50Ω

Dans un premier temps, au laboratoire LCIS, nous nous sommes concentrés sur la conception d'antennes 50Ω UHF pour les stations de bases RFID [2]-[4]. Une partie du travail s'est consacré à la conception d'antennes efficaces couvrant l'ensemble des bandes allouées mondialement pour la RFID. Quelques exemples de réalisation sont présentés sur la Fig. 3. La Fig. 3(a) présente une antenne bi-quab modifiée afin d'obtenir une plus grande largeur de bande. La Fig. 3(b) présente une antenne à polarisation circulaire permettant l'identification de tags, quelle que soit leurs orientations. Enfin, la Fig. 3(c) présente une antenne de lecteur RFID UHF portatif miniaturisée [4].

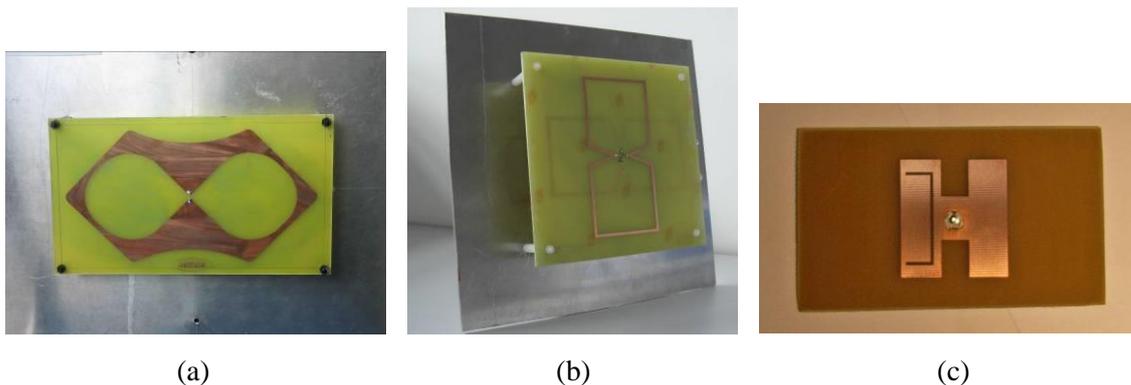


Fig. 3. Exemples d'antennes pour lecteur RFID UHF : (a) antenne bi-quab large bande, (b) antenne bi-quab à polarisation circulaire et (c) antenne patch miniaturisée.

Nous nous sommes également intéressés dans l'équipe ORSYS du LCIS aux systèmes actifs RFID UWB. La technologie UWB étant alors émergente. Afin de remédier aux interférences entre les systèmes UWB et ISM dans la bande de 5,8 GHz, nous avons proposé une nouvelle méthode de réjection basée sur la co-conception d'une antenne UWB et d'une fente résonante permettant la réjection de la bande ISM à 5,8 GHz [5]. Le prototype de cette antenne est présenté sur la Fig. 4(a). Les courants de surface de cette antenne sont représentés sur la Fig. 4(b), sur laquelle la résonance est visible. La réponse en fréquence de l'antenne est représentée sur la Fig. 4(c). À partir de ce prototype, j'ai contribué dans l'équipe à la modélisation de ces antennes, dans l'objectif d'intégrer leur contribution dans la modélisation des canaux UWB, nécessaire pour réaliser la lecture afin de pouvoir détecter les impulsions « noyées » dans le bruit [6]-[9].

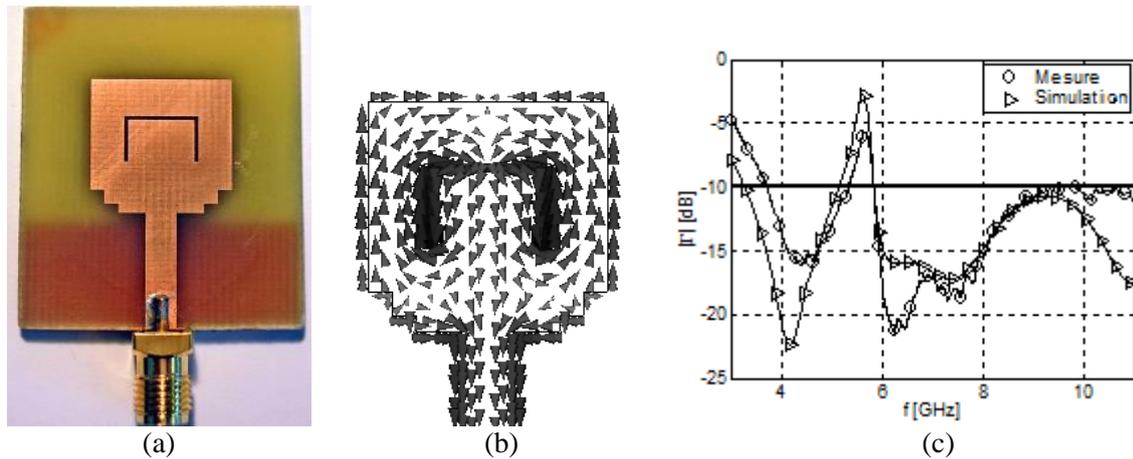


Fig. 4. Antenne UWB à rejection de bande : (a) prototype réalisé, (b) courant de surface dans la bande rejetée et (c) coefficient de réflexion.

J'ai à cœur aujourd'hui de poursuivre occasionnellement des travaux de conception d'antenne, à travers mes enseignements, notamment dans le cadre du projet de conception d'antenne par impression 3D au FabLab de l'ENSEIRB-MATMECA, ou le support d'activités étudiantes, notamment du club aéronautique EirSpace de l'ENSEIRB-MATMECA [10]-[21].

2.2.2. Antennes de tags RFID UHF passifs

Une seconde partie de ma contribution au laboratoire LCIS a portée sur la modélisation, conception et caractérisation d'antennes de tags RFID UHF passifs. Un exemple de tag, intégrant le logo de Grenoble-INP, est illustré sur la Fig. 5. Les tags sont constitués de trois éléments, à savoir, une puce CMOS, une antenne réalisée à partir d'un matériau conducteur et un substrat. Un tel tag est à un coût de revient de quelques centimes d'euros seulement.

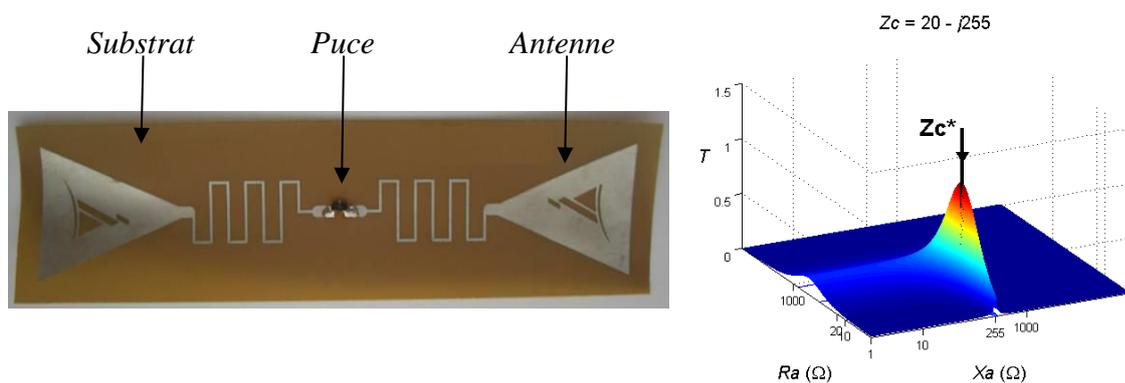


Fig. 5. (a) constitution d'un tag RFID UHF passif et (b) coefficient de transfert de puissance en fonction de l'impédance d'une antenne pour une puce XRAG2 ayant une impédance d'entrée de $20-j255 \Omega$.

Les puces RFID ont la particularité d'implémenter un rectificateur permettant de transformer l'énergie RF en énergie dc alimentant le circuit intégré. Ainsi, chaque puce, réalisée en fonction des évolutions technologiques et implémentée dans différents packagings induisant différents effets

parasites, présente une impédance d'entrée distincte et différente de 50Ω . Une partie du travail de conception passe ainsi par la recherche de l'impédance optimale de l'antenne permettant l'activation à la distance la plus grande possible de la puce. Nous avons ainsi mis au point une méthode de caractérisation des puces RFID à l'aide d'un VNA et des méthodes de calibration SOL (Short, Open, Load) et LRL (Line – Reflection – Line) [22]. Ce travail de caractérisation a permis de proposer un modèle série représentatif du circuit d'entrée des puces RFID.

Nous nous sommes également consacrés à la réalisation d'une méthode de caractérisation des matériaux diélectriques. En effet, les tags sont conçus afin d'être associés à divers objets et étant donné le coût des tags RFID, des matériaux « non nobles » sont mis en œuvre dans leur fabrication. Ainsi, il est nécessaire de connaître les propriétés électromagnétiques de ces matériaux afin de les prendre en compte dans les outils de conception, ces matériaux étant dans le champ proche des antennes [23].

Une fois que l'ensemble des caractéristiques nécessaires à la conception des antennes sont connues, il est ainsi possible de faire la conception. La principale problématique consiste à réaliser l'adaptation de l'antenne RFID. Pour cela, l'antenne doit avoir un caractère inductif afin de contrer la capacité présentée par la puce RFID. Comme montré sur la Fig. 5(b), l'impédance de l'antenne doit être le complexe conjugué de l'impédance de la puce afin d'assurer un coefficient de transfert de puissance optimal [24]-[25]. Nous avons donc proposé différentes topologies d'antennes ainsi que leur modélisation. Nous nous sommes aussi consacrés à la caractérisation de ces antennes non 50Ω [22].

Nous nous sommes ensuite concentrés sur la conception de tags réalisés par impression jet d'encre, dont un prototype est présenté sur la Fig. 6, et pour l'identification d'objet métallique [26], dont un prototype est visible sur la Fig. 7(a).



Fig. 6. Tag RFID réalisé par impression jet d'encre sur PET.

Afin de valider la conception des tags RFID, nous avons mis en place des méthodes de caractérisation. Une première méthode consiste en la caractérisation des performances avec un

lecteur RFID, permettant notamment de valider le tag dans son environnement applicatif et de déterminer la distance maximale de lecture. Nous avons également mis au point une méthode de caractérisation par mesure de section radar (RCS) (Fig. 7(a)). Un résultat de mesure mettant en lumière un décalage en fréquence (dû aux erreurs de fabrication et au report de la puce) entre les résultats de simulation et de mesure est présenté sur la Fig. 7(b).

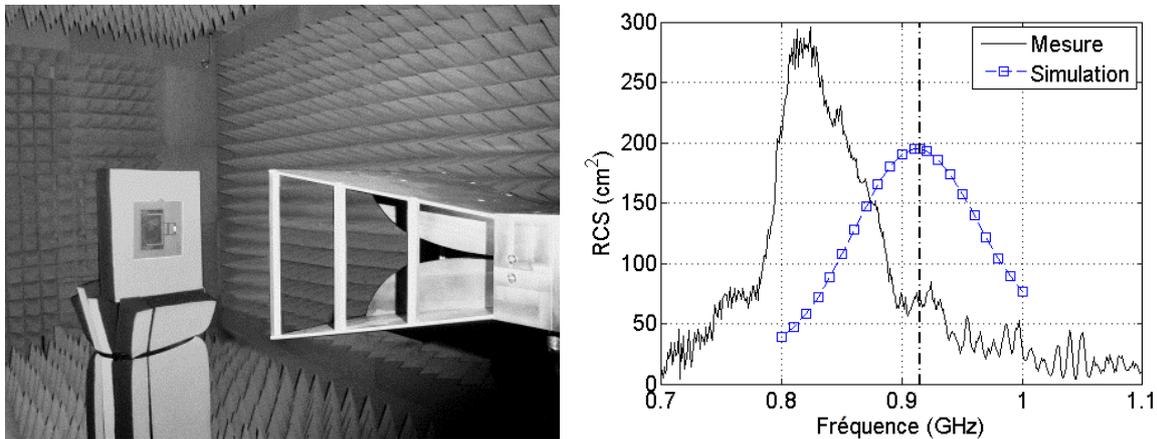


Fig. 7. (a) mesure de la section radar en chambre anéchoïque et (b) section radar mesurée et simulée d'un tag.

Enfin, les objets à identifier pouvant avoir de petite taille, nous nous sommes intéressés à différentes techniques de miniaturisation, dont l'utilisation de géométrie fractale [27]-[29] que nous n'avons pas retenue, ayant de meilleurs résultats avec des géométries repliées [30]-[31]. La Fig. 8 présente les gains réalisés par l'ensemble des tags conçus dans le cadre de ma thèse, en fonction du rapport entre la plus grande dimension de l'antenne et de la longueur d'onde, ainsi que la limite théorique de gain maximum définie par Harrington [32].

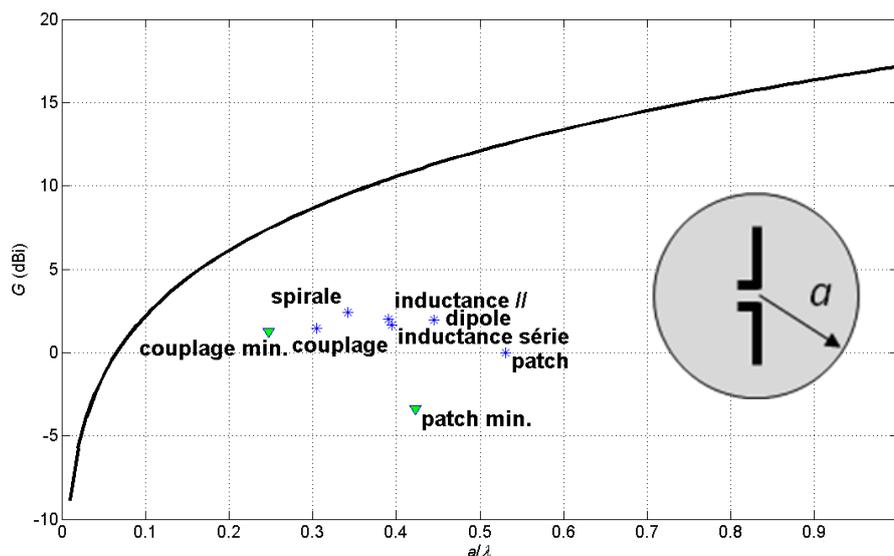


Fig. 8. Gain maximum réalisable en fonction de la plus grande dimension d'une antenne.

Cette expérience sur les antennes RFID s'applique également aux rectennes [33].

2.3. Les systèmes de radio-identification

2.3.1. Système actif implémentant un oscillateur stabilisé en température

En tant que post-doctorant au centre de recherche Poly-GRAMES, je suis intervenu dans la conception d'un système actif de radio-identification ayant fait l'objet d'un brevet [34]. L'innovation principale portait sur la stabilisation thermique d'un résonateur microruban à partir d'un substrat compensé basé sur un premier substrat ayant une variation de sa permittivité positive en fonction de la température et un second substrat ayant une variation de sa permittivité négative en fonction de la température, comme illustré sur la Fig. 9(a). Nous avons ensuite conçu un coupleur résonant illustré sur la Fig. 9(b), permettant de prélever une partie du signal de sortie d'un amplificateur et de le reboucler sur l'amplificateur afin d'obtenir une oscillation. Le substrat peut être constitué de deux substrats d'épaisseurs différentes afin de compenser non seulement les variations en température de l'oscillateur, mais aussi de l'amplificateur.

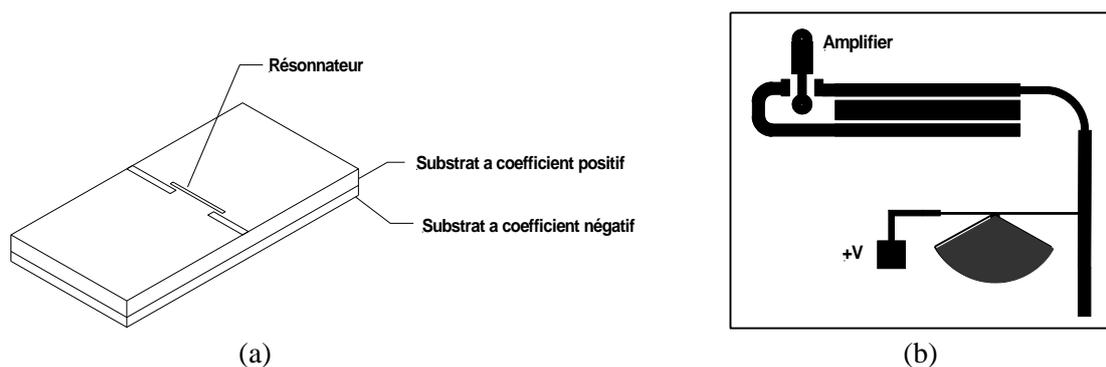


Fig. 9. (a) résonateur microruban stabilisé en température et (b) layout d'un oscillateur stabilisé en température.

La Fig. 10(a) et la Fig. 10(b) présente les résultats de mesure d'un oscillateur rebouclé basé sur un substrat ayant une permittivité variant en fonction de la température positivement et négativement respectivement. La Fig. 10(c) présente la variation en fréquence mesurée d'un oscillateur basé sur un substrat stabilisé. On peut voir que la variation de fréquence entre -20 et $+60^{\circ}\text{C}$ est nettement améliorée, passant de $0,23\%$ à $0,07\%$. Une stabilisation plus accrue pourrait être obtenue en utilisant des épaisseurs de substrat non standard et des matériaux présentant une variation de permittivité en fonction de la température plus linéaire.

Basé sur cet oscillateur, nous avons conçu de A à Z un système RFID actif dont le lecteur et le tag sont montrés sur la Fig. 11. La communication est effectuée à partir d'une modulation OOK (On-Off Keying). Nous avons développé ce système dans l'objectif d'une application de télépéage ou de localisation avec deux potentiels partenaires industriels.

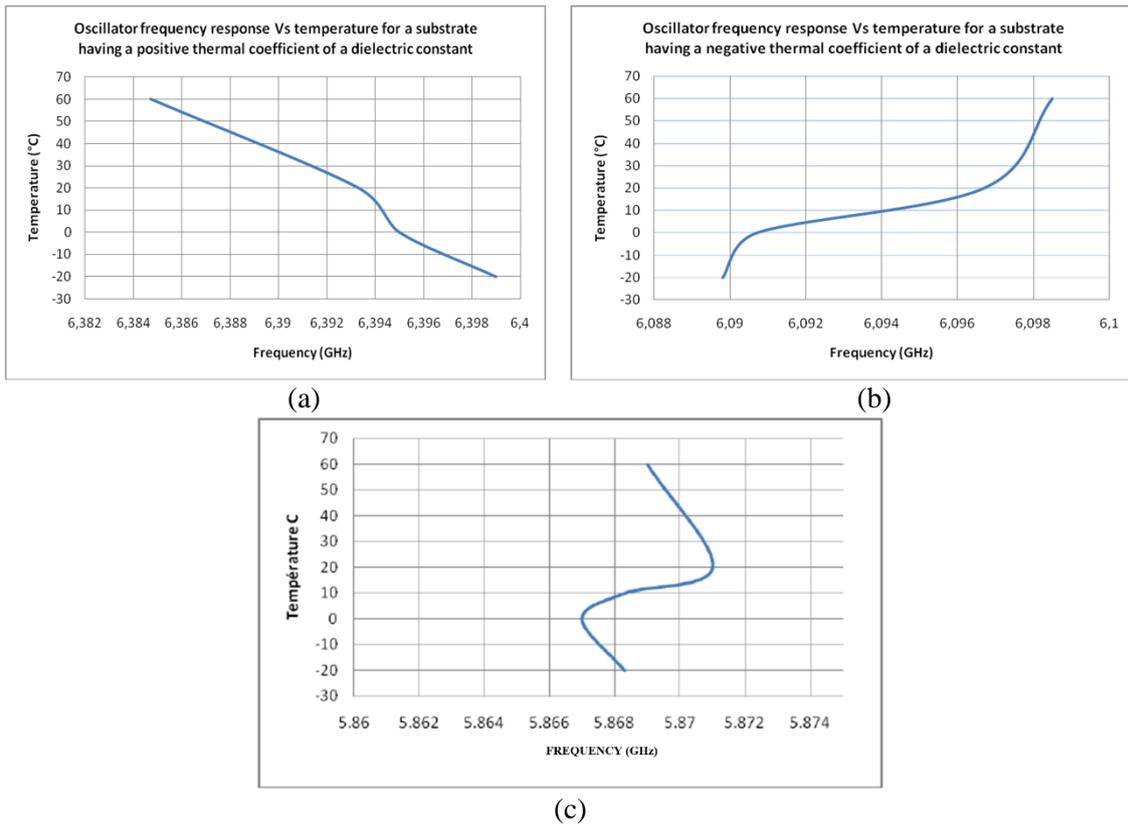


Fig. 10. Fréquences de résonance mesurées en fonction de la température d'oscillateurs implémentant (a) un substrat à coefficient de variation de permittivité positif, (b) un substrat à coefficient de variation de permittivité négatif, et (c) un substrat à coefficient de variation de permittivité compensé.

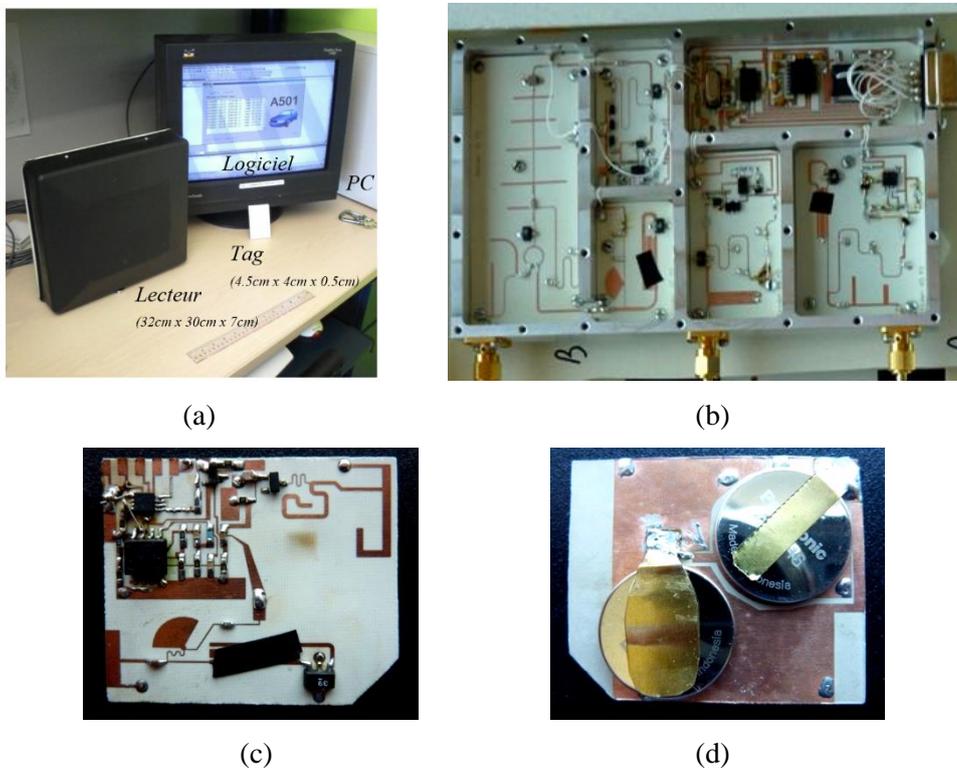


Fig. 11. (a) système RFID actif avec (b) le lecteur RFID et son tag actif (40 x 45 mm) vue (c) de dessus et (d) de dessous.

2.3.2. Oscillateur harmonique pour tag RFID actif

Suite au développement du système RFID actif présenté dans la section précédente, je me suis aperçue lors des différents tests de la sensibilité de l'oscillateur à la traction de charge. Comme illustré sur la Fig. 12, le simple fait de positionner la main à proximité de l'antenne d'émission du tag, induit une variation de l'impédance de l'antenne qui induit un signal réfléchi I_{inj} dans la boucle de retour de l'oscillateur, s'additionnant au courant de boucle I_{osc} , et modifiant donc les conditions d'oscillation. Cela résulte en une variation en fréquence de l'oscillateur. Ainsi, si la traction de charge est suffisamment forte, la fréquence d'oscillation peut sortir de la bande passante du récepteur, empêchant donc le système d'opérer. Sur le système précédant, ce problème de traction de charge du tag a été évité en concevant le boîtier plastique du tag de telle façon à garantir un éloignement suffisant entre le tag et un éventuel objet perturbateur.

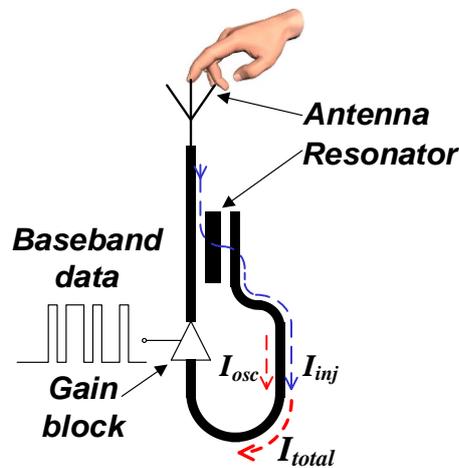


Fig. 12. Illustration de l'effet de la traction de charge sur un oscillateur rebouclé.

Egalement, lors de test à l'analyseur de spectre, j'avais identifié une seconde limitation à l'oscillateur présenté dans la section précédente. En effet, en régime permanent, l'amplificateur se retrouve en régime de saturation. Ce fonctionnement dans sa plage non-linéaire génère des harmoniques qu'il était essentiel de minimiser pour éviter les rayonnements non essentiel. Dans le système précédant, ses harmoniques étaient en partie filtrés par les antennes.

C'est à partir des deux constatations précédentes que j'ai eu l'idée de concevoir un oscillateur harmonique tirant bénéfice des non-linéarités générées afin de garantir la robustesse de l'oscillateur à la traction de charge. J'ai partagé cette nouvelle topologie avec le Prof. K. Wu peu de temps avant mon intégration au laboratoire IMS, et collaboré ensuite avec un des doctorants du Prof. K. Wu sur le développement de cette topologie. Le résultat de ce travail a été présenté dans [35].

Nous avons dans un premier temps réalisé un diplexeur résonant afin de remplacer le coupleur de l'architecture opérant à la fréquence fondamentale. Le rôle du diplexeur est de transférer

le signal harmonique généré par l'amplificateur à la sortie de l'oscillateur, et de reboucler le signal à la fréquence fondamentale sur l'amplificateur. Ainsi, pour générer un signal de 5,8 GHz, une oscillation à 2,94 GHz est réalisée. La Fig. 13(a) présente les paramètres S du diplexeur réalisé. Le port de sortie de l'oscillateur, le port de sortie de l'amplificateur et le port d'entrée de l'amplificateur correspondent respectivement aux ports 1, 2 et 3. Les Fig. 13(b) et Fig. 13(c) montrent la magnitude du champ électrique sur la structure du diplexeur à 2,94 GHz et 5,88 GHz. Une très bonne isolation entre le port de sortie de l'oscillateur et le port d'entrée de l'amplificateur (correspondant au paramètre S13) est obtenue. Elle garantit une faible sensibilité de l'oscillateur à la traction de charge.

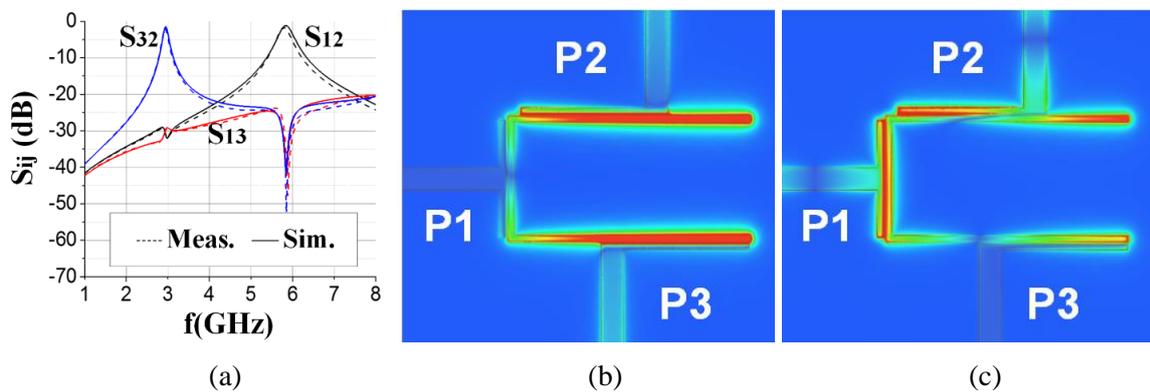


Fig. 13. (a) paramètres S mesurés et simulés du diplexeur, et magnitude du champ électrique obtenue en simulation à (b) 2,94 GHz et (c) 5,88 GHz.

L'oscillateur harmonique réalisé est présenté sur la Fig. 14(a). Afin de réaliser une étude comparative mettant en lumière les avantages de la nouvelle structure proposée, un oscillateur fondamental à également été conçu à partir d'une structure de coupleur résonant proche de la structure du diplexeur et le même circuit actif. Cet oscillateur fondamental est présenté sur la Fig. 14(b). Les deux composants ont été testés en traction de charge à l'aide d'un synthétiseur d'impédance. Le banc de test est illustré sur la Fig. 14(c).

La Fig. 15 présente la variation de puissance à la sortie de l'oscillateur harmonique et l'oscillateur fondamental en fonction de l'impédance de charge. On peut voir que l'oscillateur harmonique présente une puissance de sortie maximum plus faible d'environ 2 dB que l'oscillateur fondamental. Cependant la variation de puissance de sortie en fonction de la charge est moindre pour l'oscillateur harmonique.

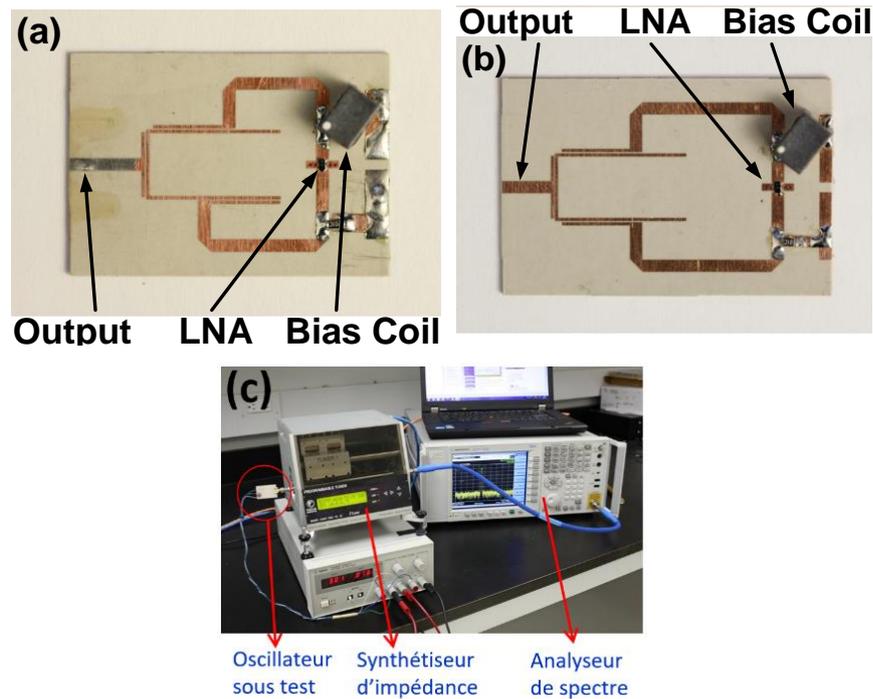


Fig. 14. Prototype de (a) l'oscillateur harmonique et (b) l'oscillateur fondamental, avec (c) le banc de test en traction de charge.

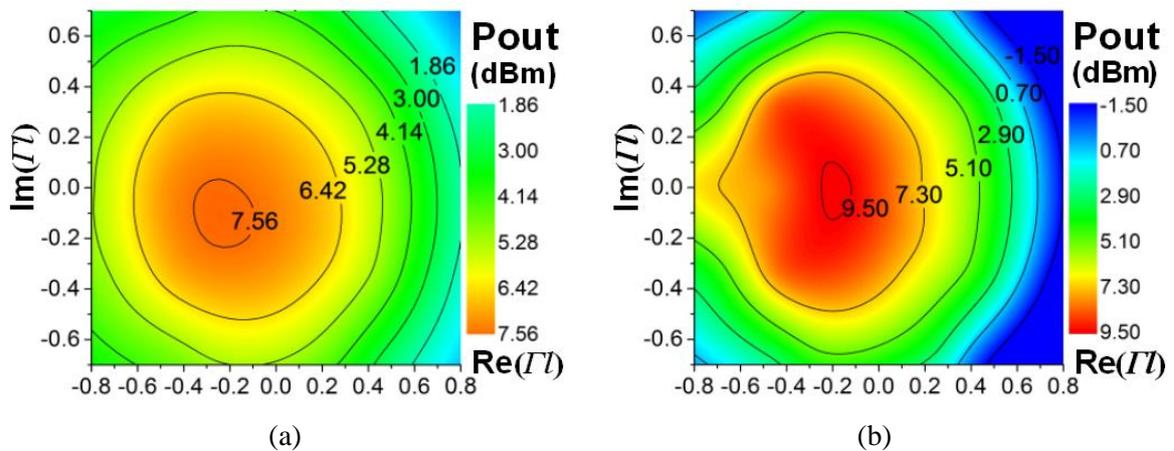


Fig. 15. Puissance de sortie (P_{out}) à 5,8 GHz en fonction du coefficient de réflexion (partie réelle, $Re(\Gamma)$, et imaginaire, $Im(\Gamma)$) pour (a) l'oscillateur harmonique et (b) l'oscillateur fondamental.

La Fig. 16 présente la variation de fréquence et de bruit de phase de l'oscillateur harmonique, l'oscillateur fondamental et également l'oscillateur fondamental en série avec un atténuateur de 3 dB, permettant d'apporter une isolation de 6 dB entre l'oscillateur et la sortie, en atteignant une puissance de sortie comparable à l'oscillateur harmonique. Un atténuateur en série est couramment utilisé afin d'isoler un circuit, notamment dans les systèmes spatiaux. Malgré l'atténuateur, l'oscillateur harmonique présente une variation de fréquence et de bruit de phase significativement moins importante que l'oscillateur fondamental.

(1) Oscillateur harmonique, (2) oscillateur fondamental et (3) oscillateur fondamental avec un atténuateur de 3 dB.

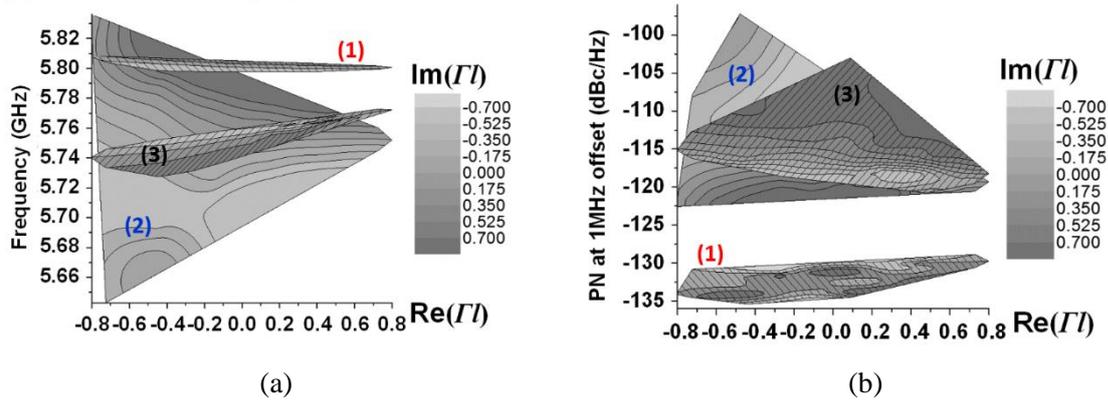


Fig. 16. Variation en fonction du coefficient de réflexion (partie réelle, $Re(\Gamma)$, et imaginaire, $Im(\Gamma)$) de (a) la fréquence de sortie et (b) du bruit de phase de l'oscillateur harmonique, l'oscillateur fondamental et l'oscillateur fondamental en série avec un atténuateur de 3 dB.

La Tab. 1 compare les principales performances de l'oscillateur harmonique avec sa contrepartie fondamentale avec et sans atténuateur de 3 dB en sortie. On peut voir que l'oscillateur harmonique, pour l'ensemble des impédances de sortie, présente une traction en fréquence de seulement 1,8‰ avec un bruit de phase nettement meilleur et une variation de puissance de sortie moindre. Le bruit de phase de l'oscillateur harmonique est amélioré comparativement à l'oscillateur fondamental car le facteur de qualité de la boucle est plus important, l'énergie à la fondamentale n'étant pas prélevée en partie par le coupleur de sortie dans la cas de l'architecture harmonique.

	Traction de fréquence	Bruit de phase	Traction de bruit de phase	Puissance de sortie
Oscillateur rebouclé harmonique	1,8‰	-133 dBc/Hz	6 dB	1,9~7,6 dBm
Oscillateur rebouclé fondamental	34‰	-118 dBc/Hz	24 dB	-1,5~9,5 dBm
Oscillateur rebouclé fondamental avec un atténuateur de 3 dB en série	7,8‰	-116 dBc/Hz	13 dB	0,40~6,4 dBm

Tab. 1. Comparaison des performances de l'oscillateur harmonique, l'oscillateur fondamental et l'oscillateur fondamental avec un atténuateur de 3 dB en sortie en fonction de la traction de charge.

2.3.3. Système passif MMID

Au centre de recherche Poly-GRAMES, j'avais pu participer au montage d'un projet de systèmes RFID opérant aux fréquences millimétrique, appelés MMID, pour Millimeterwave Identification. Suite à mon départ, le projet a été confié à mon successeur avec qui j'ai pu avoir des échanges et contribuer aux développements d'un système passifs, notamment par le suivie de deux projets de fin d'études.

Grâce à la large bande passante disponible aux fréquences millimétriques et la faible taille des résonateurs en technologie SIW, il est possible de réaliser des tags MMID passifs et compacts constitués de multiples résonateurs, chaque résonance correspondant à un bit de codage. Un tel système, présenté dans [36], est représenté sur la Fig. 17. Le lecteur réalise un scan en fréquence. Le tag va réfléchir le signal en présentant des atténuations aux différentes résonances. Au niveau du lecteur, l'analyse de la réflexion permet de réaliser l'identification des résonances et donc de déterminer le code du tag. La Fig. 18(a) présente une cavité résonante circulaire et non rectangulaire afin de bénéficier d'un facteur de qualité plus important. Sa réponse en fréquence est représentée sur la Fig. 18(b). La fréquence de résonance peut être ajustée en fonction de la géométrie de la fente rayonnante.

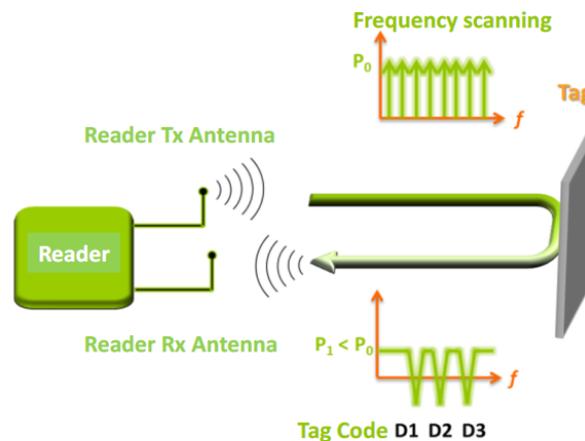


Fig. 17. Principe de fonctionnement du système MMID sans puce proposé.

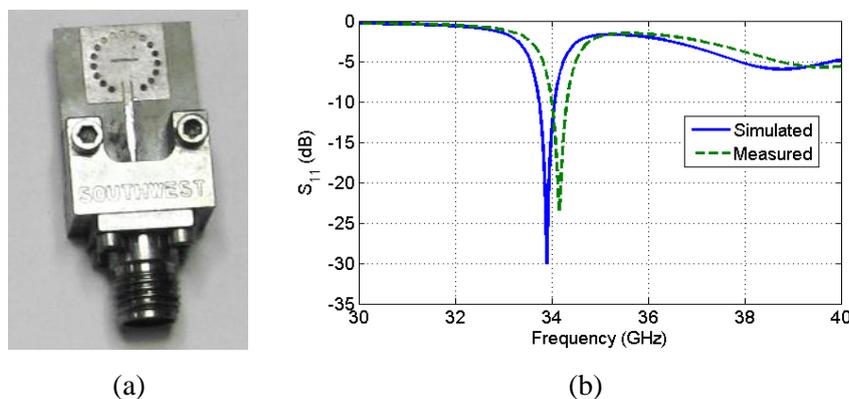


Fig. 18. (a) cavité SIW circulaire et (b) réponse en fréquence mesurée et simulée.

Un tag, constitué de deux cavités résonantes, a été réalisé dans un premier temps pour démontrer ce principe. La mesure radar réalisée à l'aide d'un VNA et de deux antennes présentant une forte isolation est présentée sur la Fig. 19. On peut voir sur la Fig. 19(a) qu'il est difficile de discriminer les résonances en raison des réflexions de l'environnement de mesure. Cependant, une analyse de la phase de l'onde réfléchie permet de les identifier comme illustré sur la Fig. 19(b).

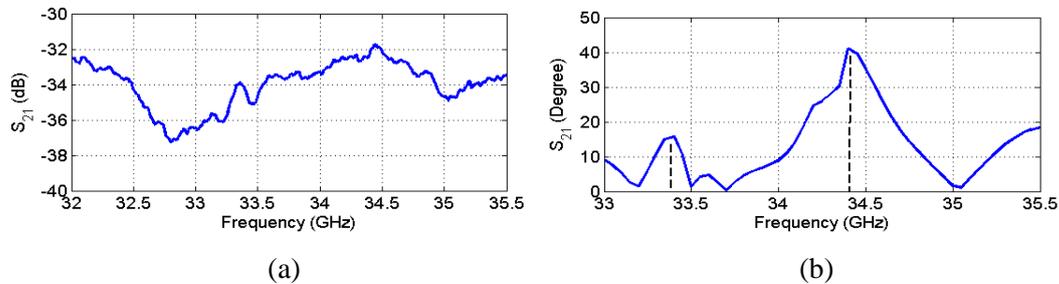


Fig. 19. Paramètres S mesurés en (a) amplitude et en (b) phase d'un tag 2 bits à l'aide d'un VNA et de deux antennes cornets.

Sur ce principe, des tags constitués de 7 résonateurs sont représentés sur la Fig. 20. Le tag de la Fig. 20(a), n'exploite que la polarisation horizontale. Nous avons étendu le principe pour des antennes de transmission et de réception du lecteur bipolarisées afin de pouvoir doubler le nombre de bit sur une même surface, ce qui est un critère de performance important pour la RFID passive. Le tag de la Fig. 20(b) est un exemple de tag exploitant ce principe. Ainsi, une fente positionnée horizontalement présentera une résonance pour une onde incidente polarisée verticalement, alors qu'une fente positionnée verticalement ne présentera une résonance que pour une onde incidente polarisée horizontalement. Par contre, une fente inclinée à 45° présentera une résonance pour les deux polarisations. Les cavités résonantes sont suffisamment éloignées afin d'éviter un couplage impliquant une variation en fréquence de leur résonance.

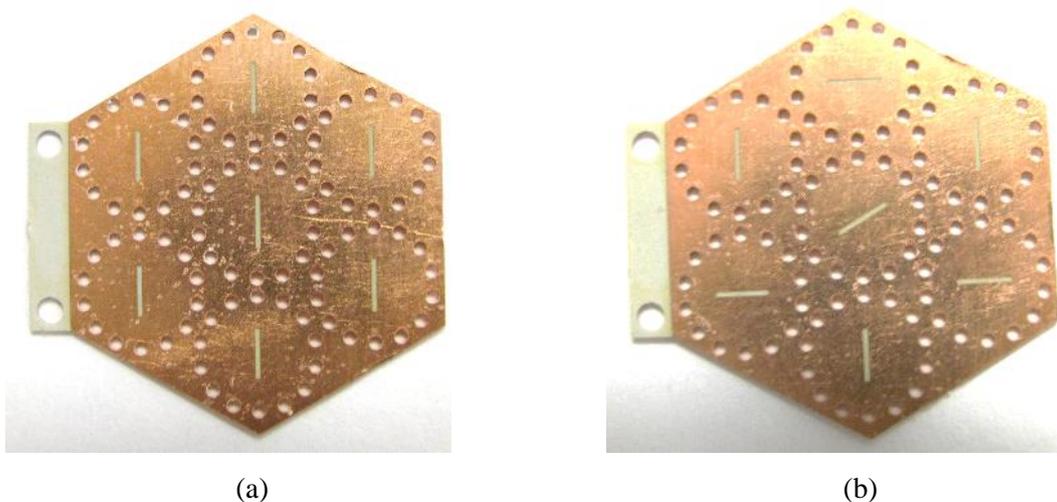


Fig. 20. Prototypes de tags à 7 bits exploitant une (a) simple et (b) double polarisation.

2.3.4. Balise répondeuse active pour une application de localisation

A mon arrivé au laboratoire IMS, je suis intervenu dans la supervision d'un ingénieur de recherche sur un projet de conception d'une balise répondeuse active pour une application de localisation [37].

La Fig. 21(a) illustre le synoptique de cette balise constituée d'un amplificateur devant à la fois être faible bruit et avoir une puissance de sortie suffisamment importante. Cette balise mono-statique implémente un circulateur et un contrôleur pour allumer et éteindre la balise. L'amplificateur de puissance faible bruit implémenté en technologie PCB et packagé dans un boîtier est illustré sur la Fig. 21(b).

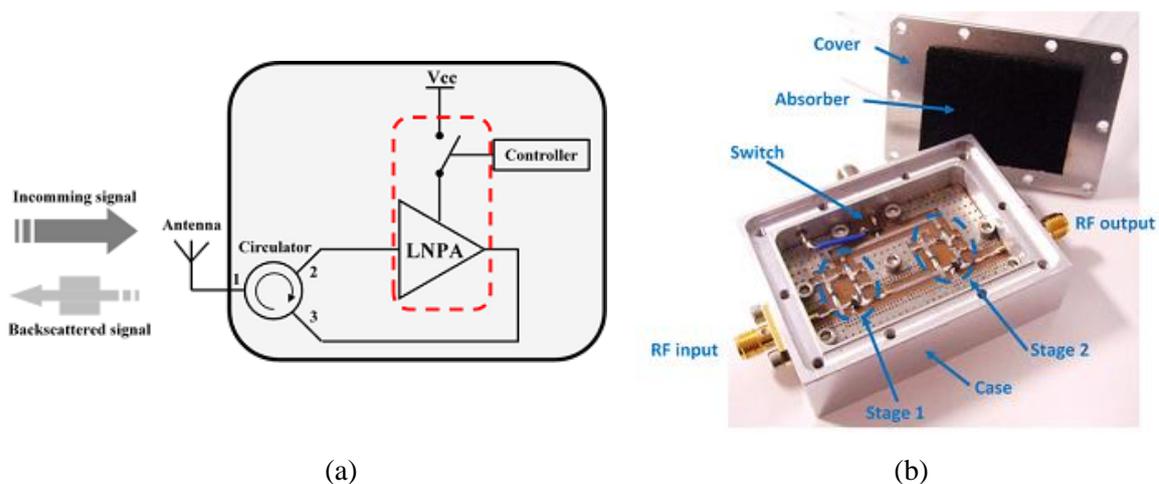


Fig. 21. (a) synoptique de la balise active et (b) prototype de l'amplificateur de puissance faible bruit packagé.

L'amplificateur de puissance faible bruit possède un temps d'allumage et d'extinction de $0,25 \mu\text{s}$, correspondant à une fréquence de commutation supérieure à 100 kHz . La commutation de l'amplificateur peut permettre d'effectuer l'envoi d'information au lecteur et également de moduler la section radar de la balise afin de l'identifier.

L'amplificateur, constitué de deux étages, opère de $4,5$ à $5,8 \text{ GHz}$, avec un gain de 21 dB (inférieur à l'isolation du circulateur pour éviter une oscillation) et un facteur de bruit de moins de $2,5 \text{ dB}$ pour un point de compression à -1 dB de 11 dBm . L'amplificateur a été conçu afin d'avoir une différence de gain importante entre l'état « on » et l'état « off » afin d'obtenir une différence de section radar importante. Un gain de -24 dB a été obtenu dans l'état « off », correspondant à une différence de gain de 45 dB entre les deux états.

2.3.5. Balise active pour l'aide à l'atterrissage d'aéronef

Je suis intervenu au laboratoire IMS, à travers l'encadrement de deux projets de fin d'études, dans la conception d'une balise d'identification pour un système d'aide à l'atterrissage. Ce projet a été réalisé pour Thales Systèmes Aéroportés. J'en ai été le porteur.

L'objectif du projet a consisté à apporter une solution d'identification supplémentaire au système radar MAGIC ATOLS opérant en bande X. La Fig. 22(a) illustre une scène d'opération de ce radar, dont les éléments sont montrés sur la Fig. 22(b). Afin de pouvoir identifier l'aéronef, nous avons développé une balise active dont le principe a fait l'objet du dépôt de brevet [38], et dont la démonstration de principe a fait l'objet de la publication [39].

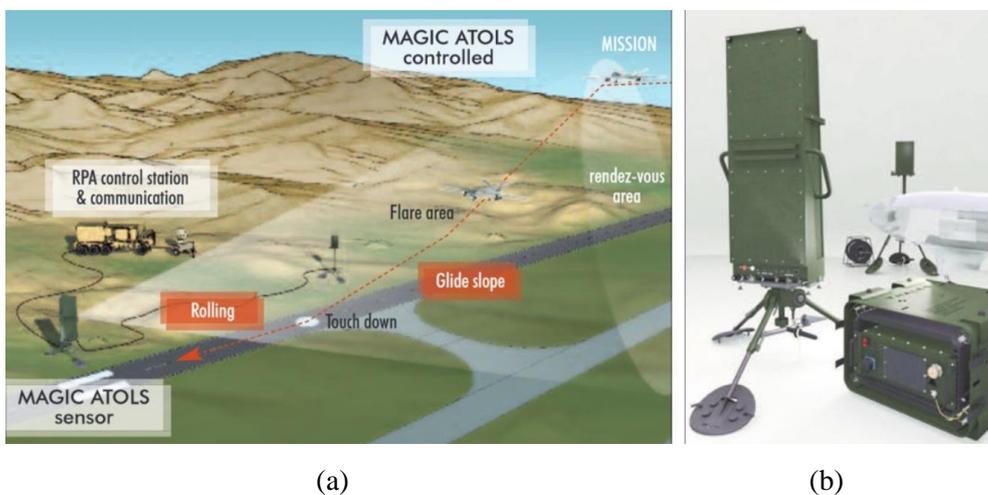


Fig. 22. (a) illustration de l'utilisation du système d'aide à l'atterrissage MAGIC ATOLS et (b) photo du système MAGIC ATOLS.

Un schéma simplifié de la balise active est représentée sur la Fig. 23. Le signal du radar subit une amplification ainsi qu'une modulation de phase et d'amplitude permettant de réaliser une transposition de fréquence pour définir une empreinte radar spécifique, et donc réaliser l'identification de l'aéronef. Afin d'éviter une oscillation, une attention particulière pour maximiser l'isolation des antennes a été apportée.

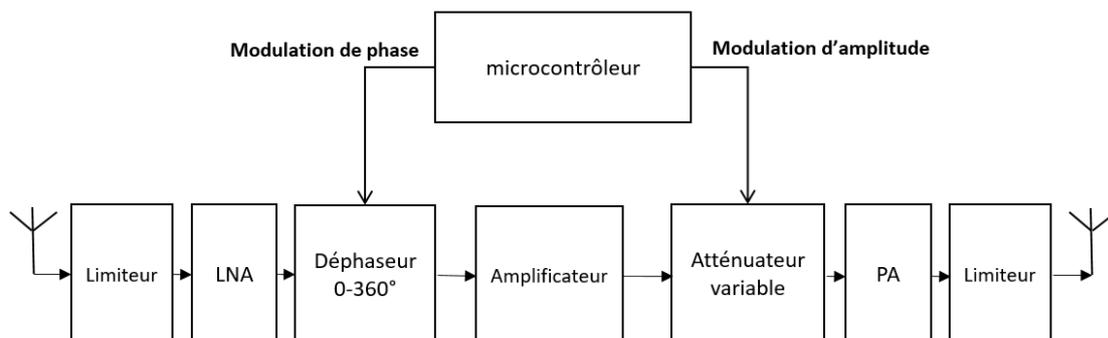


Fig. 23. Synoptique de la balise active MAGIC ATOLS développée permettant la modulation d'amplitude et de phase de la section radar.

Suite à la démonstration de principe dans le cadre d'un premier projet de fin d'étude et de la validation avec le radar MAGIC ATOLS et une balise prototype portée par un drone, nous avons procédé à la miniaturisation de la balise, comme montré sur la Fig. 24. La balise est alimentée par une batterie ou l'aéronef en phase d'atterrissage.

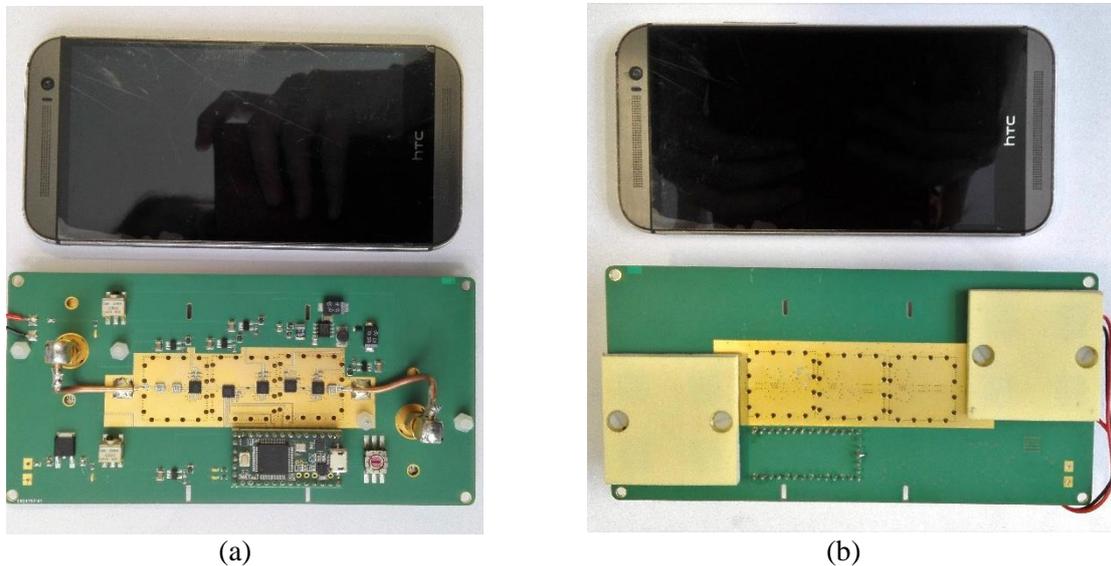


Fig. 24. Balise active MAGIC ATOLS réalisée vue (a) de dessus et (b) de dessous.

La Fig. 25(a) présente un résultat de mesure radar de la balise à l'aide d'un générateur, un spectromètre et deux antennes. En fonction de la modulation d'amplitude et de phase, il est possible d'obtenir différents spectres, annulant notamment certaines harmoniques, comme la première harmonique dans cet exemple, tout en minimisant la porteuse émise par le radar et en maximisant les fondamentales. La Fig. 25(b), présente les cases temps distances mesurées par le radar, où les deux fondamentales sont clairement mises en évidence. Le développement de la balise se poursuit actuellement.

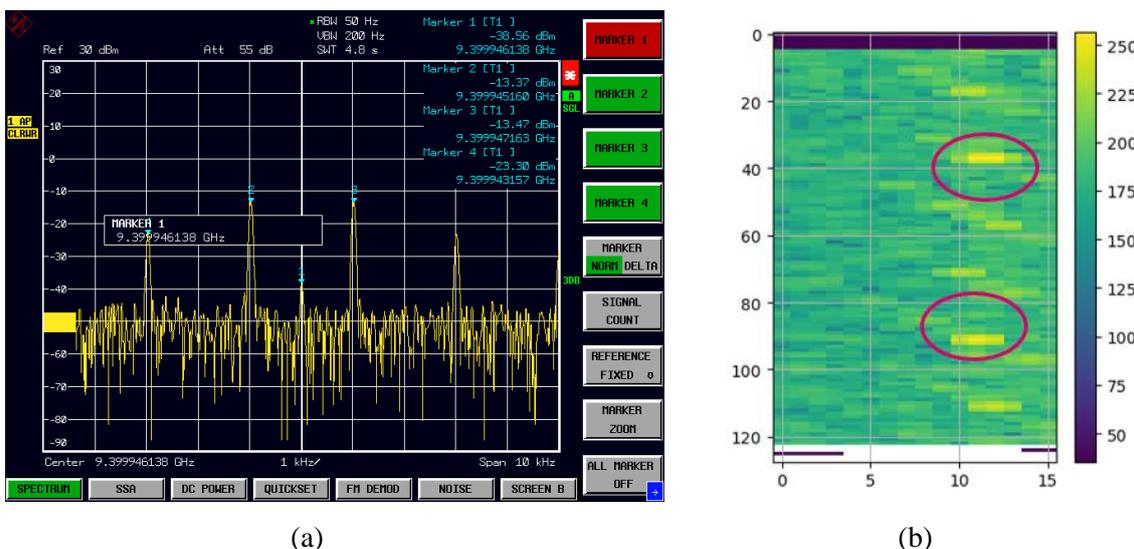


Fig. 25. (a) spectre retro-modulé mesuré de la balise MAGIC ATOLS et (b) puissance normalisée mesurée par le radar FMCW MAGIC ATOLS dans ses cases temps distance.

2.4. Bilan

Ce chapitre a présenté une synthèse des travaux de recherche sur la thématique de la radio-identification auxquels j'ai contribué depuis ma toute première expérience de recherche en master recherche à aujourd'hui.

Tout d'abord, des travaux sur la conception, la modélisation et la mesure d'antennes pour les stations de bases et les tags RFID ont été présentés. Ces premières années d'expérience de recherche, focalisée sur la conception d'antennes, me permettent d'avoir aujourd'hui une expertise importante sur le sujet. Je partage cette dernière avec les étudiants dans le cadre du cours d'introduction aux antennes, dans le cadre des activités du club EirSpace pour la conception de systèmes et antennes de télémétrie [11]-[21], ou encore de concours de conception étudiant [33].

Une seconde partie de ce chapitre s'est consacrée à la réalisation de systèmes RFID. Un premier système basé sur un oscillateur stabilisé en température a été présenté. Ensuite, un second oscillateur dit harmonique, présentant un intérêt pour la RFID active ainsi qu'une forte immunité à la traction de charge, a été introduit. Puis une étude sur la conception d'un système de radio-identification millimétrique passif basé sur la technologie SIW et un lecteur bi-polarisé a été introduit. Un tag actif pour une application spécifique de localisation, et basé sur un amplificateur de puissance faible bruit est ensuite présenté. Enfin, une étude sur une balise active apportant une fonction d'identification à un système radar d'aide à l'atterrissage, a été présentée.

Cette activité de recherche sur la radio-identification est aujourd'hui une activité que je poursuis de façon ponctuelle, ayant à cœur de partager l'expertise que j'ai pu acquérir. C'est pour cette raison qu'aucune perspective de recherche sur cette thématique sera détaillée dans le dernier chapitre de ce mémoire.

3. Les technologies d'intégration au substrat

3.1. Introduction

L'accroissement soutenu de la demande en bande-passante et de capteurs de plus en plus performants repoussent continument les frontières de l'électronique radiofréquence avec en prévision une prochaine exploitation massive des fréquences millimétriques comprise entre 30 et 300 GHz. Cette perspective se justifie par une surexploitation du spectre, ainsi que la relativement faible résolution des capteurs dans les bandes radiofréquences (3 kHz à 3 GHz) et micro-ondes (3 GHz à 30 GHz) ; les ondes millimétriques ayant entre autres la particularité d'offrir une large bande passante, ainsi qu'une pénétration accrue dans la fumée ou le brouillard. Parmi les applications émergentes et très attendues des ondes millimétriques figurent : la cinquième génération de standards pour la téléphonie mobile (5G), l'Internet-des-Objets (IoT), les constellations de pico- et nano-satellites [40], les radars pour des systèmes automobiles et aéronautiques autonomes ou encore l'imagerie pour des applications de sécurité.

Une seconde tendance très importante dans le domaine de l'électronique concerne le développement de nouvelles technologies à forte densité d'intégration, permettant de réduire les coûts par une production de masse. C'est ainsi qu'à ce jour, dans un unique terminal mobile, une quantité d'applications quasiment illimitées est mise à disposition de chacun, en tout lieu et à tout instant. Cette avancée fulgurante, illustrée sur la Fig. 26, a profondément contribué aux développements de notre société.



Fig. 26. L'intégration de l'électronique contribue aux développements de notre société en offrant de plus en plus de fonctionnalités à chacun, en tout lieu et à tout instant.

Si on revient en arrière, et qu'on s'intéresse à la genèse de l'électronique radiofréquence, on découvre que très tôt, en 1893, J.J. Thomson a proposé le guide d'ondes volumique qui a ensuite été expérimenté par O. Lodge en 1894. Il aura ensuite fallu attendre plus d'un demi-siècle, pour que la première ligne de transmission planaire, baptisée microruban, soit proposée par D. Grieg et D. Engelmann en 1952. Aujourd'hui, cette même ligne de transmission est devenue la plus populaire. Elle est largement utilisée pour les applications micro-ondes. Au-delà, aux fréquences millimétriques, les lignes de transmission de type guides d'ondes coplanaires (CPW), inventées par C. P. Wen en 1969, sont préférées ; les lignes microrubans nécessitant un substrat très fin pour éviter l'excitation de mode d'ordre supérieur générant des radiations. Toutefois, malgré le récent développement de substrat à faibles pertes diélectriques, les pertes aux fréquences millimétriques et au-delà des technologies planaires conventionnelles présentées ci-dessus sont importantes [41]-[42]. Egalement, en plus de nécessiter un blindage, la tenue en puissance de ces lignes planaires est très limitée. C'est en raison de ces inconvénients que la technologie volumique de guide d'ondes est encore aujourd'hui très largement mise à profit aux fréquences millimétriques. Dans cette bande de fréquence, elle surpasse en performance toutes les lignes planaires conventionnelles. Néanmoins, très coûteux à produire, lourd et difficile à interconnecter ou à co-intégrer avec les technologies planaires, une alternative au guide d'ondes volumique est hautement désirée dans l'objectif d'offrir au plus grand nombre d'entre nous, les innovations technologiques de demain, qui nous seront offertes par l'exploitation du spectre millimétrique.

Afin de proposer une alternative aux guides d'ondes volumiques et aux lignes de transmission planaires conventionnelles, une nouvelle génération de technologies planaires a été proposée au début des années 2000, à savoir les technologies intégrées au substrat [43]. Depuis maintenant plus de quinze ans, cette nouvelle famille de lignes de transmission a reçu une attention toute particulière. Ces nouvelles technologies combinent les avantages des technologies planaires conventionnelles avec celle du guide d'ondes volumique : un faible poids, une structure compacte, blindée par nature, bon marché et facile à interconnecter avec les technologies conventionnelles. Les technologies intégrées au substrat se déclinent en plusieurs topologies : le guide d'ondes intégré au substrat (SIW) [44] illustré sur la Fig. 27(a), le guide d'ondes diélectrique intégré au substrat (SISW) [45] montré sur la Fig. 27(b), et le guide d'ondes diélectrique non-radiatif intégré au substrat (SINRD) [46] représenté sur la Fig. 27(c). L'implémentation de ces technologies par différentes techniques de fabrication a été démontrée, incluant les circuits imprimés (PCB), les céramiques co-cuites à basse température (LTCC), les technologies d'impression 3D, les circuits micro-ondes intégrés hybrides miniatures (MHMIC), ou bien encore les technologies sur silicium [47]. Dans cette nouvelle famille, la topologie SIW est devenue la plus populaire. Elle hérite des principales propriétés du guide d'ondes volumique.

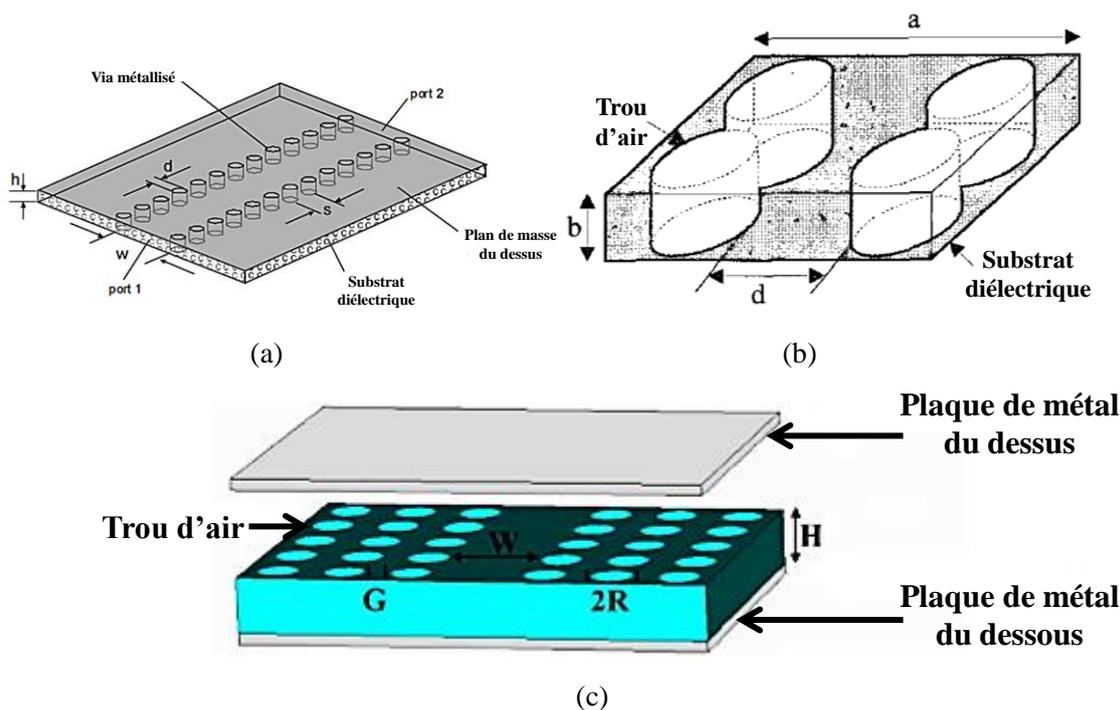


Fig. 27. Illustration du (a) SIW, (b) SISW, et (c) SINRD.

C'est dans ce contexte, avec l'équipe de recherche du Prof. K. Wu, qui est à l'origine de cette nouvelle famille de technologie, que nous avons contribué à des travaux de recherche portant sur la technologie SIW.

Dans le cadre d'une première thèse [48], nous avons proposé la conception de composants SIW accordables magnétiquement à partir de matériaux ferromagnétiques (ferrites). Nous avons commencé ces travaux dans l'objectif de proposer une alternative aux accords mécaniques relativement lents, et aux accords basés sur des éléments semi-conducteurs dont la tenue en puissance est limitée. A partir de là, nous avons innové en tirant partie des possibilités offertes par les technologies PCB en proposant une double accordabilité du champ électrique et du champ magnétique d'une ligne SIW. Ainsi, deux degrés de liberté sont obtenus, permettant l'optimisation simultanée de plusieurs propriétés d'un composant, en plus d'offrir une accordabilité nettement accrue. Basé sur ce nouveau principe, une cavité (pour laquelle un modèle théorique a été développé), un filtre et une antenne ont été démontrés.

Dans le cadre d'une seconde thèse [49], nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la conception d'éléments SIW tridimensionnels afin de pallier aux limitations imposées par les technologies planaires mises en œuvre et d'apporter de nouvelles possibilités aux concepteurs de systèmes SIW. Nous avons notamment développé la conception de cavités et de filtres conçus à partir de stubs verticaux reportés sur PCB, permettant de réaliser des structures à faible empreinte en plus d'offrir un degré de liberté supplémentaire de conception en permettant d'interchanger ces stubs afin

d'optimiser un système pour une application bien déterminée. Ensuite, l'application de la technologie SIW dans la conception d'un système complet d'imagerie millimétrique passif implémentant un radiomètre, a été démontrée.

Bien que le système SIW d'imagerie millimétrique passif fût opérationnel, à travers cette seconde thèse, j'ai pris conscience des limitations de la technologie SIW, et notamment des faibles coefficients de qualité réalisables, impactant fortement le facteur de bruit d'un radiomètre. C'est alors, que courant 2013, mettant également à profit l'expérience acquise dans le cadre de la première thèse, implémentant dans des cavités creuses de la ferrite, que l'idée de réaliser une structure SIW multicouche creuse m'est venue. J'ai partagé ce nouveau concept avec le Prof. K. Wu et le Prof. T.P. Vuong du laboratoire IMEP-LaHC à Grenoble, avec lesquelles nous avons uni nos efforts et réalisé une collaboration à travers le co-encadrement d'une thèse [50]. Nous avons décidé de dénommer cette nouvelle topologie AFSIW pour Air-Filled SIW.

La Fig. 28 réalise une synthèse des avantages et inconvénients des différentes technologies abordées dans cette introduction. Le compromis de performance offert par la technologie SIW est ainsi mis en relief avec l'apport de la technologie AFSIW qui étend le concept des technologies intégrées au substrat afin d'adresser les fréquences millimétriques.

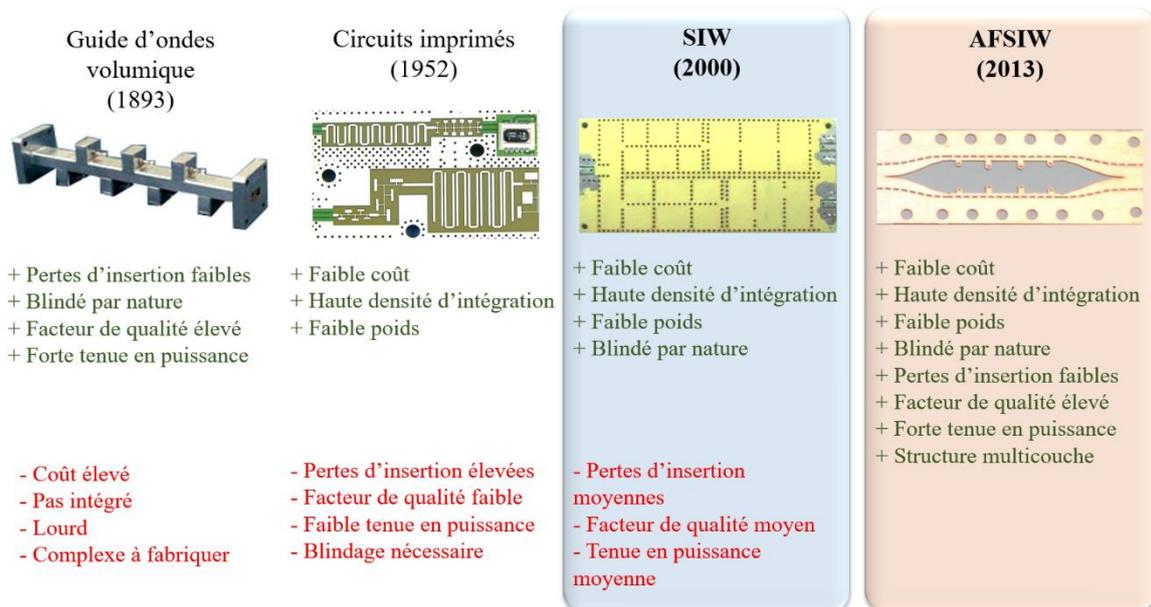


Fig. 28. Comparaison entre plusieurs technologies de filtres planaires et volumiques.

Dans ce chapitre, mes contributions adressant les technologies SIW et AFSIW réalisées au sein du centre de recherche Poly-GRAMES puis du laboratoire IMS, sont détaillées. Les perspectives de ces travaux seront présentées dans le dernier chapitre de ce manuscrit.

3.2. La technologie SIW

3.2.1. Conception de composants SIW accordables

Les composants micro-ondes et millimétriques accordables constituent des éléments essentiels pour la conception des systèmes de radiocommunications et radars agiles. Ils confèrent la possibilité à ces derniers d'être adaptables et ajustables en fonction des besoins et des applications. Il peut y avoir en effet plusieurs raisons qui amèneraient à procéder à des modifications de spécifications d'un système : des variations des conditions environnementales (liées à la température, ou l'humidité), et des changements liés à de nouvelles contraintes applicatives, par exemple, l'utilisation de nouvelles bandes de fréquence. Ainsi, il est important de concevoir un système de façon à ce qu'il puisse s'ajuster, se corriger et se calibrer.

À travers une thèse [48] dont j'ai démarré l'encadrement au centre de recherche Poly-GRAMES et dont j'ai poursuivi la supervision dans ma fonction de maître de conférences au laboratoire IMS, une nouvelle famille de composants SIW micro-ondes ajustables basés sur des matériaux ferromagnétiques (ou ferrite) a été étudiée. La perméabilité des matériaux ferromagnétiques peut être modifiée par l'application d'un champ magnétique extérieur, afin de modifier la constante de propagation d'une onde électromagnétique qui est directement proportionnelle à la racine carrée de la permittivité et de la perméabilité. De ce fait, en utilisant de la ferrite, des éléments reconfigurables peuvent être conçus.

Une autre caractéristique importante de la ferrite est qu'elle peut avoir un comportement non réciproque. Ce qui signifie que les signaux radiofréquences (RF) se propageant dans différentes directions à l'intérieur de la ferrite, peuvent voir des caractéristiques de propagation différentes. Cette propriété peut être utilisée non seulement pour réaliser des éléments ajustables, mais aussi des éléments non réciproques incluant : des isolateurs et des circulateurs. Dans la bibliographie, on peut s'apercevoir que la plupart des éléments non réciproques et ajustables utilisant de la ferrite sont conçus à partir de la technologie guide d'ondes volumique conventionnelle. En effet, les propriétés de faibles pertes et de fortes tenues en puissance rendent les guides d'ondes conventionnels attractifs pour la conception d'éléments basés sur la ferrite.

Pour un guide d'ondes opérant dans son mode dominant TE_{10} , l'intensité maximale du champ électrique se trouve dans la région centrale, alors que l'intensité maximale du champ magnétique se trouve le long des parois latérales. Cette distribution du champ magnétique et du champ électrique, illustrée sur la Fig. 29, permet de positionner la ferrite dans les régions ayant un fort champ magnétique sans avoir à perturber le champ électrique, et donc de minimiser les pertes diélectriques.

Puisque la ferrite interagit fortement avec le champ magnétique, elle est placée dans les régions où le champ magnétique est le plus intense. Bien que les guides d'ondes volumiques soient une technologie de fort intérêt pour la conception d'éléments magnétiquement ajustables ayant une forte tenue en puissance, ils ne peuvent être intégrés de façon planaire.

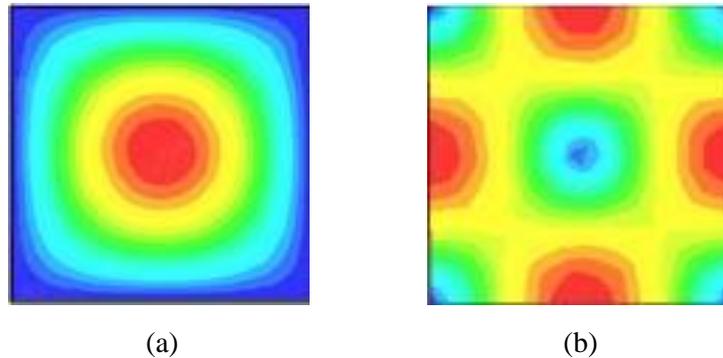


Fig. 29. Illustration (a) de l'intensité du champ électrique et (b) du champ magnétique du mode TE_{10} dans une cavité guide d'onde.

Un des objectifs de ce travail a été de réaliser des éléments SIW magnétiquement ajustables et planaires par nature, tout en préservant les qualités offertes par les guides d'ondes rectangulaires. C'est ainsi que nous avons réalisé l'étude théorique, la conception et la démonstration de composants clés magnétiquement ajustables, incluant des résonateurs [51], filtres passe-bandes [52]-[53], oscillateurs [54], interrupteurs [55], atténuateurs variables [56], déphaseurs [57], isolateurs [58] et circulateurs [48]. La Fig. 30 est un exemple des nombreux composants réalisés sur ce principe. Elle illustre le schéma d'un oscillateur rebouclé implémentant une cavité magnétiquement contrôlable dans la boucle de retour et qui permet de contrôler la fréquence d'oscillation. La réalisation de cet oscillateur à partir d'un PCB multicouche est également montrée (Fig. 30(b)).

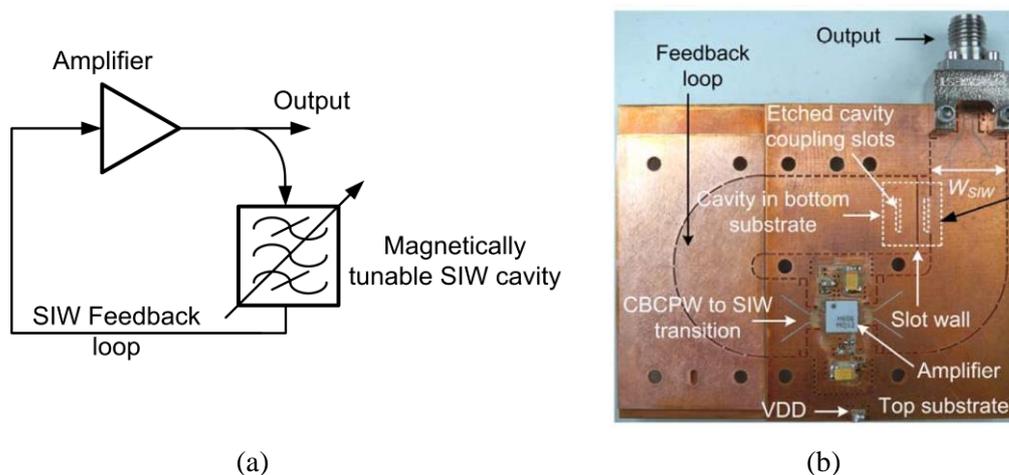


Fig. 30. (a) schéma d'un oscillateur rebouclé implémentant une cavité magnétiquement accordable et (b) photo du démonstrateur multicouche fabriqué.

Suite à l'accomplissement du premier objectif ci-dessus, nous avons souhaité étendre l'accordabilité des composants. C'est ainsi que nous avons proposé de combiner simultanément une

ajustabilité électrique et une accordabilité magnétique dont nous avons fait l'expérimentation auparavant [52]-[53]. Ainsi, l'ajustabilité totale peut-être significativement accrue. De plus, nous avons démontré qu'un composant implémentant cette double accordabilité peut avoir des performances améliorées. C'est ainsi que dans ce travail de recherche, un nouveau concept d'accordabilité en deux dimensions a été introduit. Ce concept a été utilisé afin de réaliser des éléments complètement adaptables.

Afin d'avoir une compréhension du phénomène et de fournir des outils de conception, nous avons développé une théorie permettant de déterminer les propriétés d'une ligne de transmission chargée de ferrite, et également une théorie basée sur un modèle équivalent de ligne de transmission permettant de déterminer la fréquence de résonance d'une cavité chargée d'un, de deux et de quatre barreaux de ferrite sur ses côtés afin d'interagir avec le champ magnétique et chargé d'une capacité variable en son centre afin d'interagir avec le champ électrique du mode fondamental TE_{10} . À titre d'exemple, la Fig. 31 illustre une cavité chargée d'un barreau de ferrite et d'une capacité en son centre, ainsi que son modèle basé sur des lignes de transmission, et enfin la fréquence de résonance obtenue en fonction du champ magnétique appliqué à la ferrite et de la valeur de la capacité variable. On peut s'apercevoir que la double accordabilité permet d'étendre la bande de fréquences atteignables.

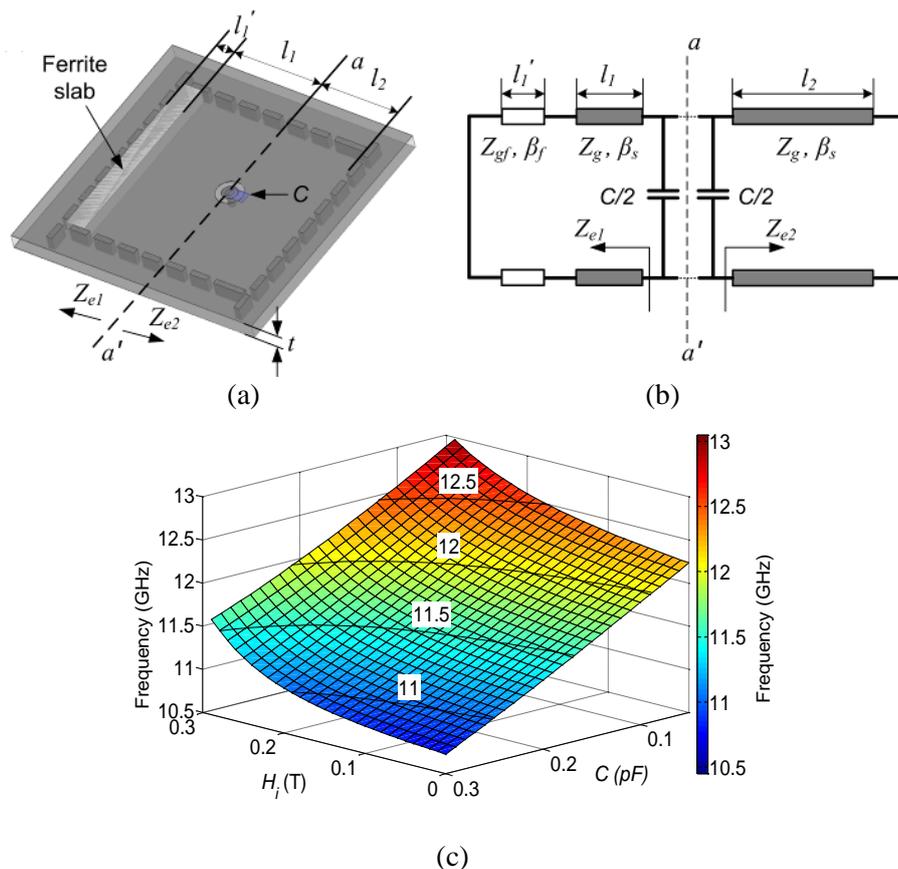


Fig. 31. (a) Illustration d'une cavité accordable magnétiquement et électriquement, (b) modèle de lignes de transmissions équivalent et (c) fréquence de résonance déterminée théoriquement.

Nous avons procédé à l'implémentation de la double accordabilité sur un élément simple dans un premier temps, à savoir une cavité SIW. La cavité réalisée, implantée d'une capacité variable de type varactor, est illustrée sur la Fig. 32(a). Le résultat de la mesure de la fréquence de résonance mettant en avant une plage d'accordabilité étendue est montré sur la Fig. 32(b). Comme on peut l'apercevoir sur la Fig. 31(c), illustrant les courbes iso-fréquences, plusieurs valeurs combinées du champ magnétique et de la capacité résultent en la même fréquence de résonance. Il est donc possible de non seulement accorder la fréquence de résonance de la cavité, mais aussi d'optimiser un second paramètre tel que l'adaptation de la cavité ou encore son coefficient de qualité, comme illustré par les résultats de mesure de la Fig. 33.

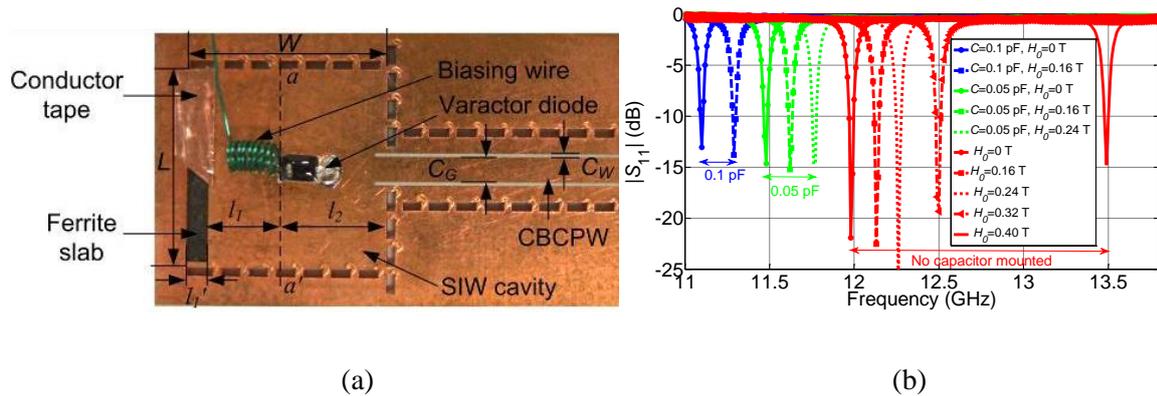


Fig. 32. (a) cavité SIW accordable magnétiquement et électriquement et (b) fréquence de résonance mesurée en fonction du champ magnétique externe et de la capacité variable.

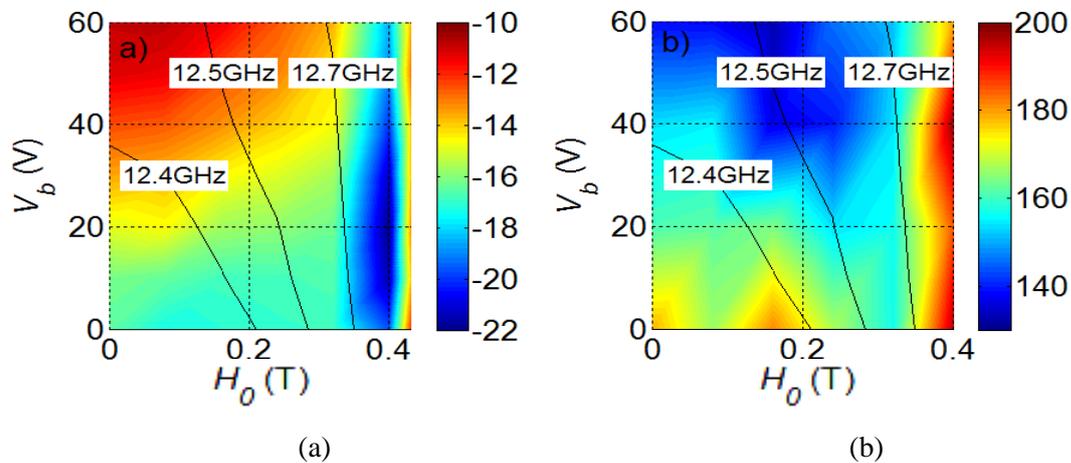


Fig. 33. (a) coefficient de réflexion et (b) facteur de qualité mesurés en fonction du champ magnétique externe et de la tension appliquée au varactor, avec les courbes iso-fréquences.

Basés sur le principe de double accordabilité que nous avons introduit, une cavité, un filtre passe-bande et une antenne ont été étudiés et démontrés. À titre d'exemple non exhaustif, le filtre passe-bande à deux pôles que nous avons réalisé est montré sur la Fig. 34.

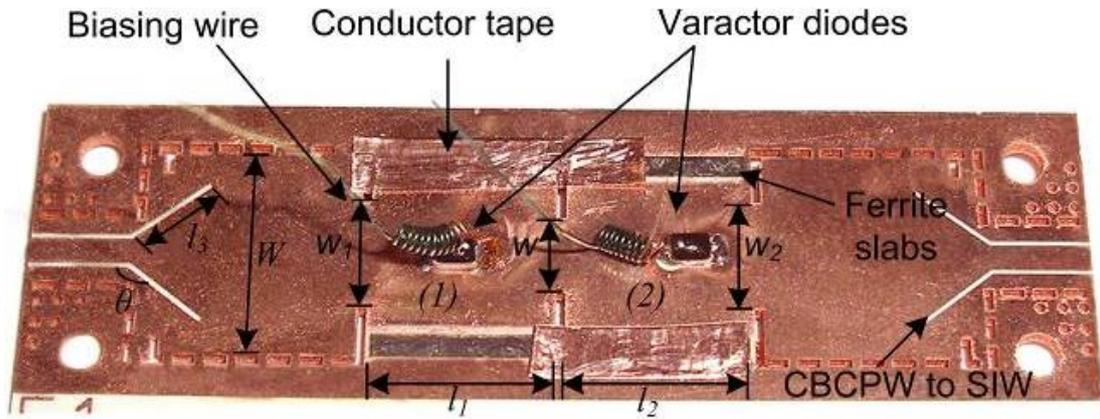


Fig. 34. Filtre passe-bande SIW 2-pôles à double accordabilité.

La Fig. 35(a) illustre la réponse du filtre réalisé accordé uniquement magnétiquement. Comme dans l'ensemble des travaux alors reporté dans la littérature, on s'aperçoit que la fréquence centrale est bien ajustée, mais que la bande passante obtenue est subie. Grâce à notre principe de double accordabilité, nous avons démontré théoriquement et par la mesure qu'il était possible grâce à la double accordabilité de réaliser la conception d'un filtre à bande passante fixe dont la fréquence centrale peut être ajustée (Fig. 35(b)), et également d'un filtre à bande passante ajustable gardant sa fréquence centrale fixe (Fig. 35(c)).

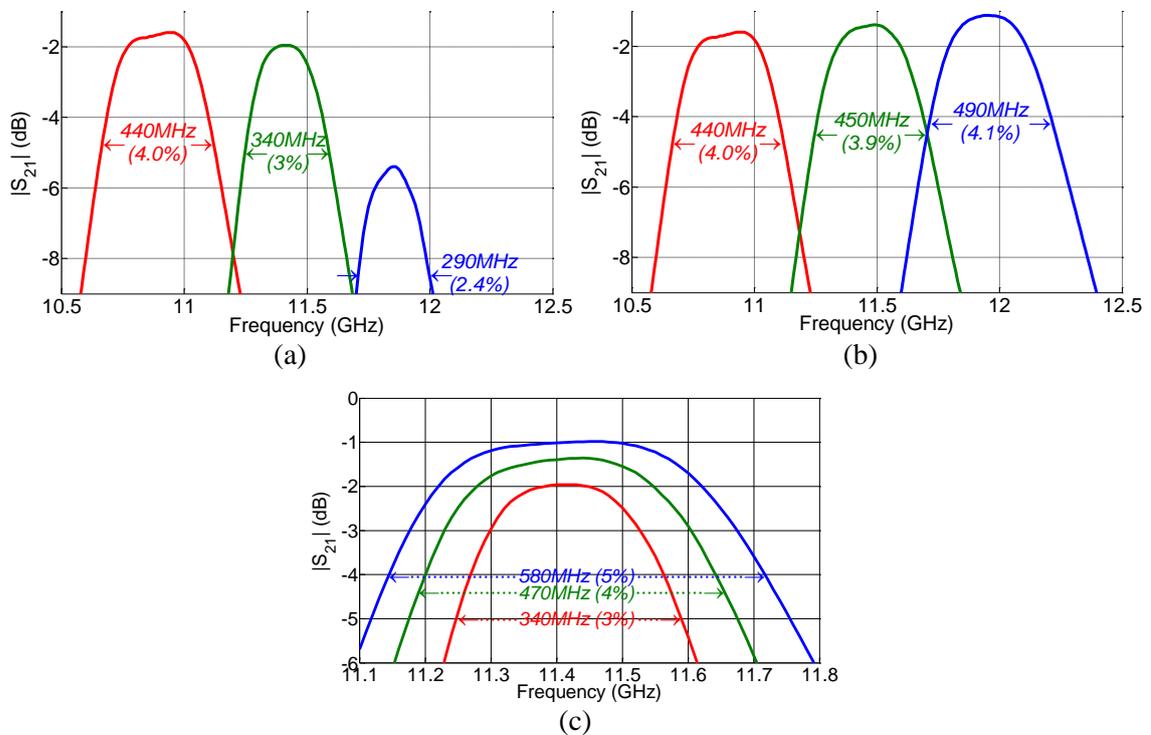


Fig. 35. Résultat de mesure du filtre (a) en utilisant seulement l'accordabilité magnétique et en mettant à profit la double accordabilité afin de (b) conserver la bande passante en ajustant la fréquence centrale et (c) conserver une fréquence centrale fixe en ajustant la bande passante.

3.2.2. Conception de composants SIW tridimensionnels

À travers une seconde thèse [49], dont j'ai également démarré le suivi au centre de recherche Poly-GRAMES et poursuivi l'encadrement dans ma fonction de maître de conférences au laboratoire IMS, j'ai contribué à la conception de composants SIW tridimensionnels. Le SIW héritant des propriétés des guides d'ondes métalliques, nous nous sommes intéressés, dans l'objectif final de réaliser un système millimétrique d'imagerie, aux différents composants guide d'ondes volumiques et à leur conception en technologie SIW. Nous nous sommes aperçus rapidement des limitations de la technologie SIW en raison de son caractère planaire. A titre d'exemple, il était notamment impossible de réaliser un coupleur de Schwinger, ou encore un « twist ». Nous nous sommes alors donnés pour objectif la conception de nouveaux composants SIW tridimensionnels, afin d'offrir des degrés de liberté supplémentaires aux concepteurs de systèmes SIW.

Dans un premier temps, nous avons étudié les différentes topologies de filtres en technologie guide d'ondes volumique. Nous nous sommes aperçus de l'intérêt d'une technologie tridimensionnelle afin de rendre ce type de composant plus compact. Nous avons ainsi proposé la conception de filtres SIW tridimensionnels basés sur des cavités réalisées à partir de stubs montés en surface, qui dans une perspective faible coût, pourraient être montées en surface par les procédés conventionnels de report mis en œuvre dans l'industrie des PCB [59]. Nous avons procédé par étape en étudiant dans un premier temps une cavité, dont le principe d'assemblage est illustré sur la Fig. 36(a). Le prototype assemblé est lui montré sur la Fig. 36(b). Enfin, le résultat de mesure est comparé avec le résultat de simulation sur la Fig. 36(c).

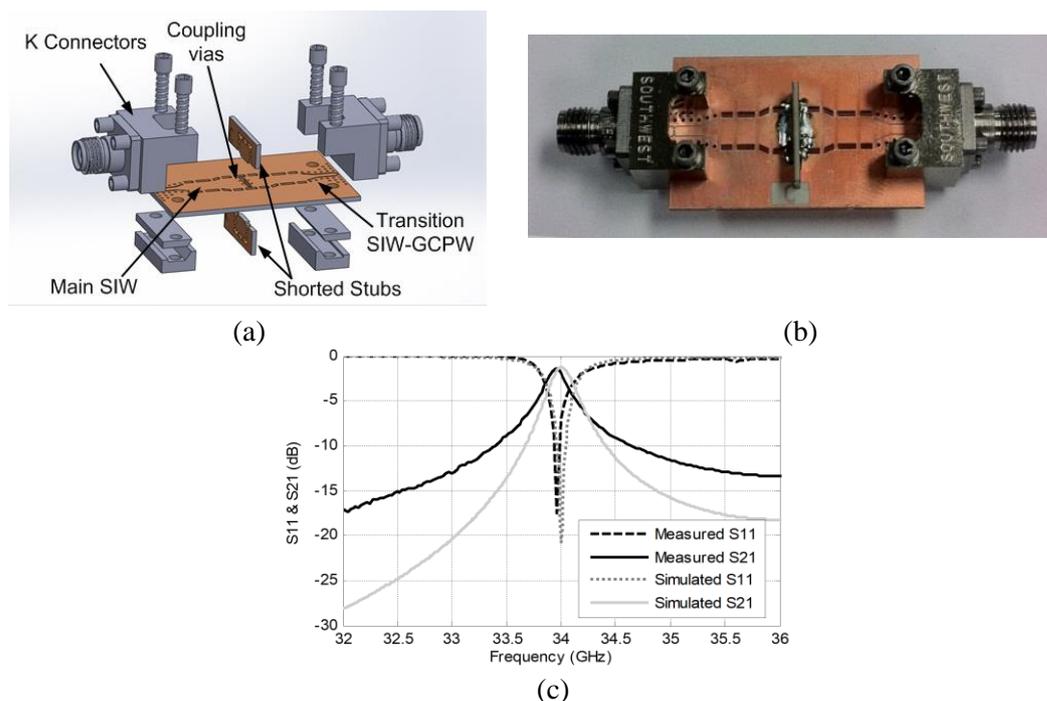


Fig. 36. (a) principe d'assemblage de la cavité montée en surface (b) prototype réalisé et (c) comparaison entre les résultats de mesure et de simulation.

Nous avons ensuite réalisé un filtre d'ordre 7 dont le principe d'assemblage est illustré sur la Fig. 37(a). Les stubs et le PCB principal avant assemblage sont montrés sur les Fig. 37(b) et Fig. 37(c) respectivement. Le prototype assemblé est montré sur la Fig. 37(d). Enfin, le résultat de mesure est comparé avec le résultat de simulation sur la Fig. 37(e). Les cavités, constituées de stubs montés en surface sur le dessus et sur le dessous, opèrent dans le mode TE_{20} . Comparativement à un filtre SIW planaire du 7^{ème} ordre, un gain de surface d'un facteur 1,7 est obtenu.

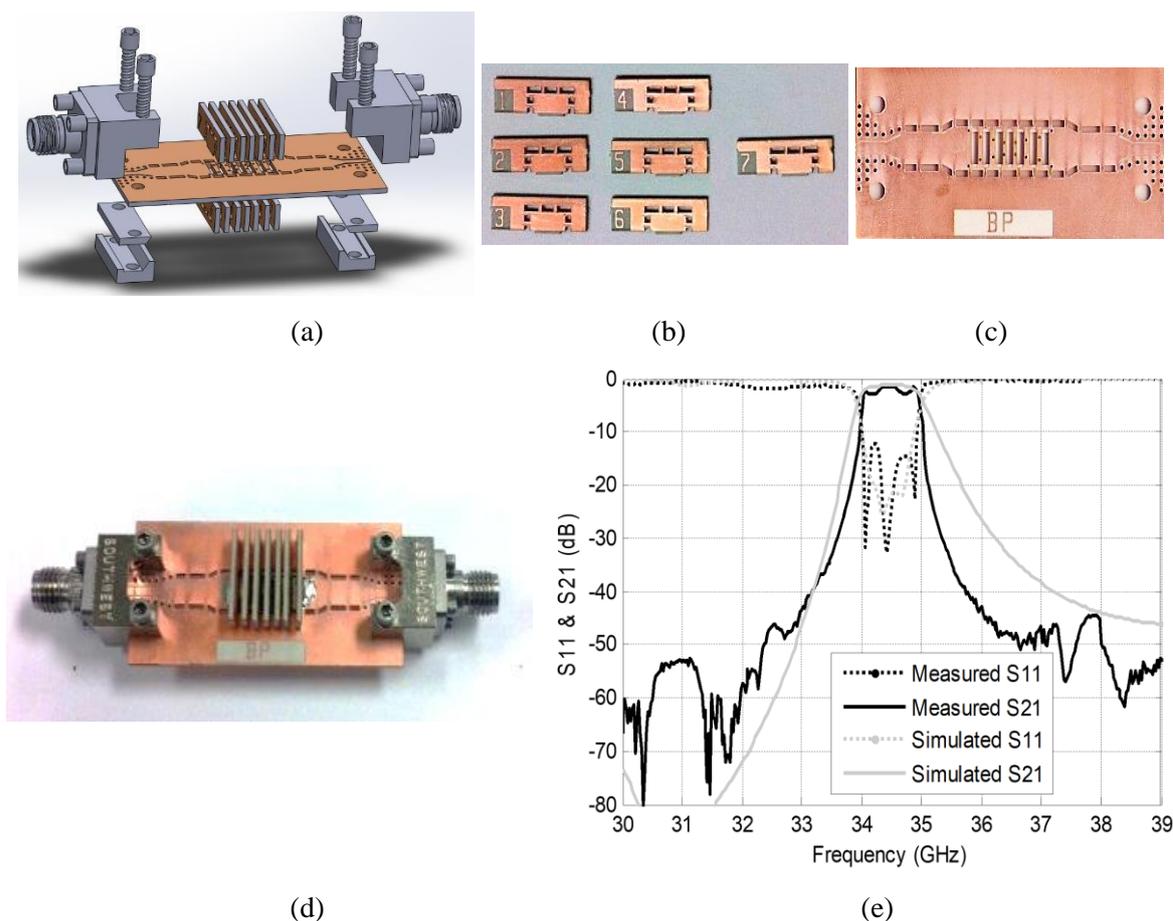


Fig. 37. (a) principe d'assemblage du filtre montée en surface (b) stubs avant report en surface, (c) PCB principal avant assemblage, (d) prototype réalisé et (e) comparaison entre les résultats de mesure et de simulation.

Nous nous sommes ensuite intéressés à la conception de composants alors jamais réalisés en technologie SIW. Nous avons notamment fait l'étude et la conception d'un coupleur de Schwinger [60], dont le principe est illustré sur la Fig. 38(a). Le principe d'assemblage que nous avons proposé pour ce composant est montré sur la Fig. 38(b). La Fig. 38(c) illustre l'intensité du champ électrique et met en évidence le bon fonctionnement de ce coupleur. La Fig. 38(d) représente le prototype réalisé en cours d'assemblage. Enfin la Fig. 38(e) compare les résultats de mesure aux résultats obtenus en simulation.

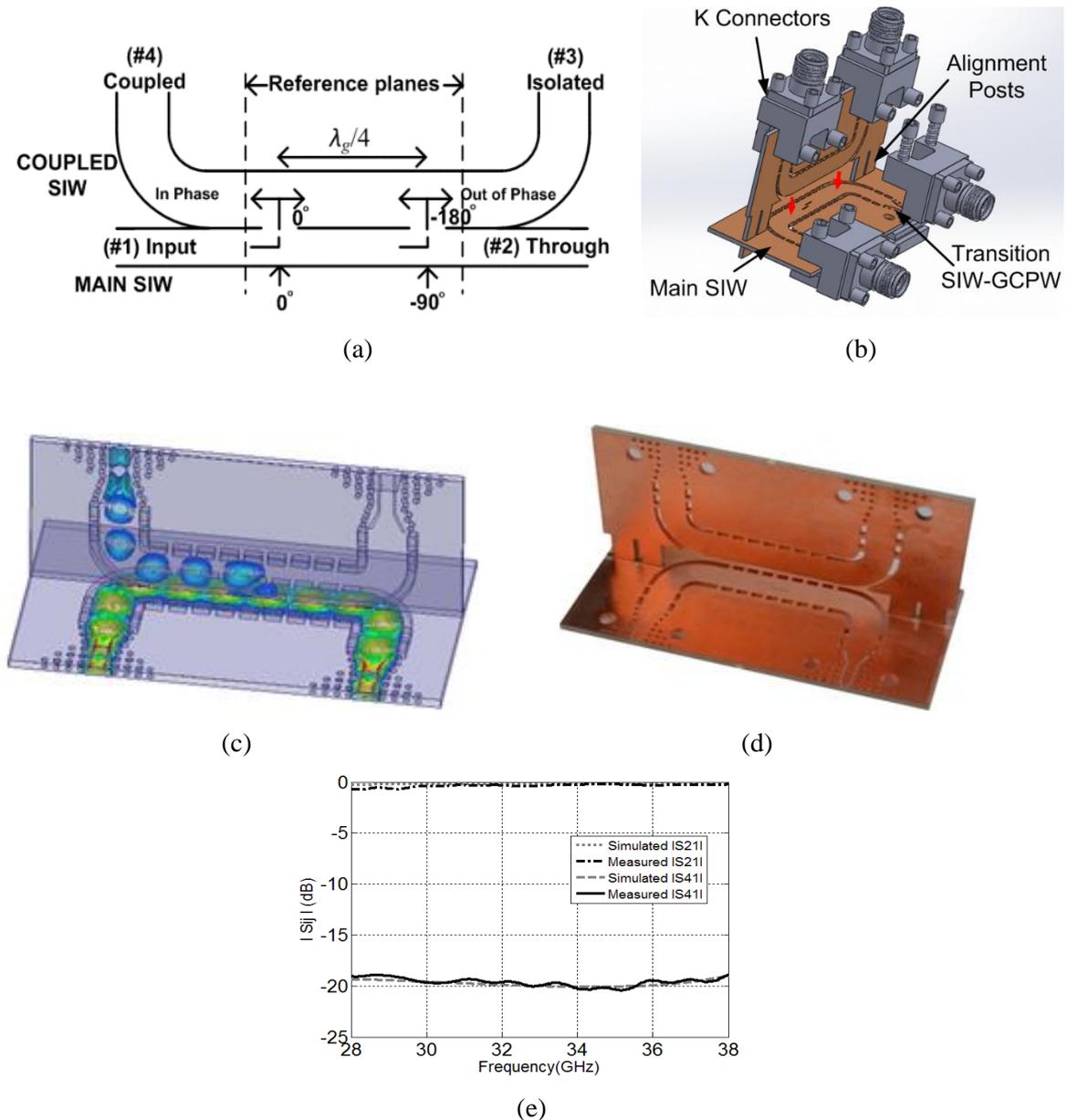


Fig. 38. (a) principe du coupleur de Schwinger, (b) illustration de l'assemblage du coupleur, (c) intensité du champ électrique obtenu en simulation, (d) prototype réalisé avant assemblage et (e) comparaison entre les résultats de mesure et de simulation.

Nous avons démontré également d'autres types de coupleur à faible niveau de couplage (en dessous de -10 dB), ainsi que des coupleurs à fort niveau de couplage (au-dessus de -10 dB) [61]. Dans la perspective de réaliser un système SIW, nous avons démontré que les coupleurs à faible niveau proposés peuvent être implémentés dans des systèmes pour la calibration ou la mise au point. En effet, le coupleur peut être monté en surface, puis enlevé après opération, en refermant les fentes de couplage par un ruban adhésif conducteur.

Ensuite, nous avons adressé la conception d'un « twist » SIW [62]. Ce type de composant est utile afin de réaliser une rotation du champ électrique. Ce type d'élément, dont un exemple réalisé

en technologie guide d'ondes est illustré sur la Fig. 39(a), est notamment mis en œuvre dans des systèmes d'imagerie polarimétriques afin de réaliser des images polarisées. L'implémentation que nous avons proposée et étudiée est représentée sur la Fig. 39(b). Tel qu'illustré sur la Fig. 39(c), une section en « L » réalise une transition douce entre un guide SIW horizontal et vertical. Une étude théorique propose une modélisation par une capacité de l'effet apporté par l'angle. L'adaptation de cette transition est ajustée en l'allongeant. La Fig. 39(d) présente l'intensité du champ électrique le long de cette transition ainsi qu'une comparaison entre les résultats de mesure et de simulation.

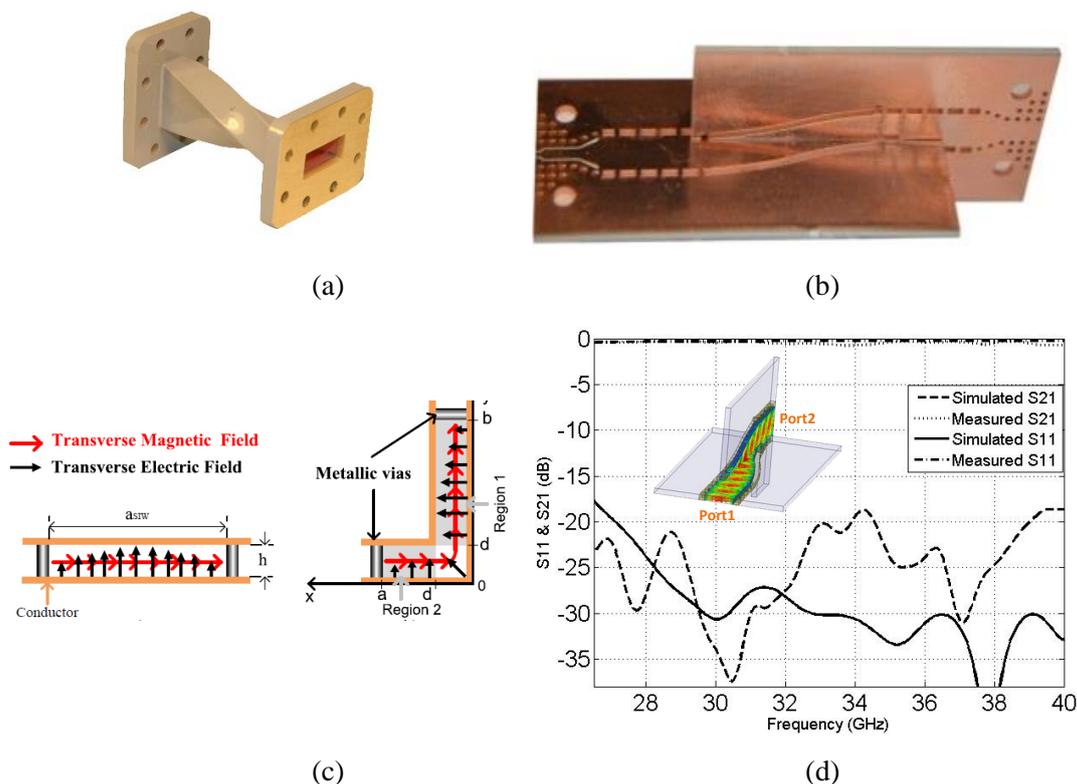


Fig. 39. (a) « twist » en technologie guide d'onde, (b) « twist » en technologie SIW, (c) illustration du champ électrique et du champ magnétique le long de la transition, (d) intensité du champ électrique obtenu en simulation et comparaison entre les résultats de mesure et de simulation.

Enfin, nous nous sommes intéressés à la conception d'antennes SIW tridimensionnelles, dans l'objectif d'obtenir des propriétés jamais obtenues en raison du caractère planaire de la technologie SIW. Dans un premier temps, à partir du « twist », nous avons pu réaliser une antenne bipolarisée, dont l'intensité du champ électrique peut être visualisée sur la Fig. 40(a). Le prototype réalisé est montré sur la Fig. 40(b). Les deux antennes de type ALTSA, perpendiculaires l'une l'autre, permettent de réceptionner sur deux ports la polarisation verticale et horizontale.

Egalement, à partir d'un demi-twist, nous obtenons une ligne de transmission SIW en « L ». Nous avons ainsi pu réaliser une antenne de type ALTSA ayant une polarisation inclinée à 45° pour la première fois [63]. Le prototype est illustré sur la Fig. 41(a). Pour finir, l'antenne de la Fig. 40(b) a le défaut d'avoir une structure asymétrique déformant son diagramme de rayonnement. Pour

remédier à cela, nous avons réalisé une antenne constituée de deux réseaux de deux antennes en réalisant un double twist de part et d'autre du PCB qui réalise non seulement une rotation du champ électrique, mais également une division du signal [64]. Le prototype ainsi réalisé est illustré sur la Fig. 41(b).

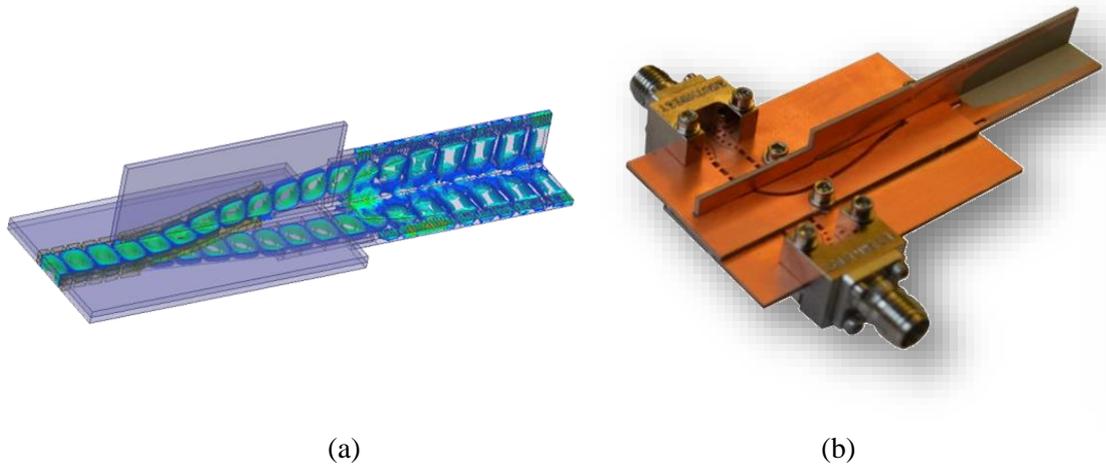


Fig. 40. (a) intensité du champ électrique obtenu en simulation, (b) et prototype assemblé de l'antenne SIW à double polarisation.

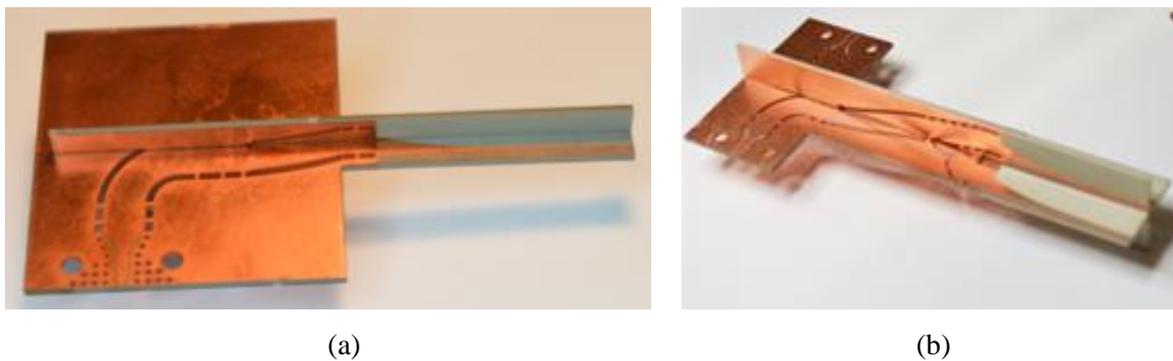


Fig. 41. (a) prototype assemblé de l'antenne SIW à polarisation inclinée à 45° et (b) prototype assemblé de l'antenne SIW à réseaux d'antennes ALTSA à double polarisation.

3.2.3. Système SIW d'imagerie millimétrique

Les systèmes d'imagerie trouvent leurs applications dans les domaines de la défense, de la sécurité et du test non destructif. Ils permettent de fournir une image à travers un environnement à visibilité réduite comme la fumée, la poussière et également à travers les matériaux diélectriques comme le plastique, le textile ou le gypse. Certaines bandes de fréquence millimétriques présentant de faibles pertes atmosphériques (centrées à 35, 94, 135 et 220 GHz) sont généralement exploitées. Suite aux événements du 11 septembre 2001, ces systèmes millimétriques, principalement basés sur les technologies guides d'ondes métalliques présentant de faibles pertes, ont suscité un très grand intérêt des pouvoirs publics et de la communauté scientifique.

Parmi les systèmes d'imagerie millimétrique figurent les systèmes actifs ayant une source millimétrique et réalisant une mesure de l'onde réfléchie, ainsi que les systèmes passifs. Ces derniers ont pour avantage de consommer moins d'énergie, d'être plus compacts et de ne pas émettre d'énergie électromagnétique potentiellement nocive. Ils sont ainsi indétectables et sans danger. Ils réalisent une mesure à partir d'un radiomètre de l'énergie électromagnétique constituée, comme illustré sur la Fig. 42, du bruit thermique émis par un objet cible et proportionnel à la température de ce dernier, de signaux réfléchis par ce même objet et également d'éventuelles sources d'interférences. Ainsi, le corps d'une personne à 37 °C va émettre plus de bruit thermique que son environnement à température ambiante (proche de 20 °C). On peut donc voir cette personne par contraste. Si cette personne porte un objet métallique, celui-ci pourra être visible à travers les vêtements qui sont transparents aux fréquences millimétriques, l'objet métallique apparaissant en contraste sur le corps, car réfléchissant le bruit thermique ambiant. Si l'objet est constitué d'un diélectrique dense, il pourra également être vu en contraste, car ayant sa propre température, différente du corps humain.

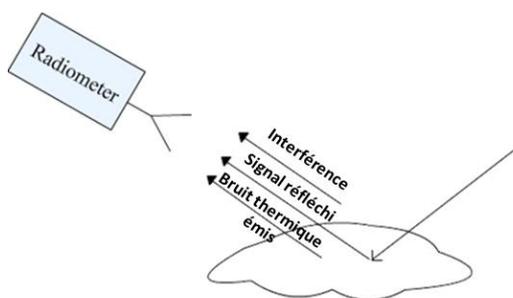


Fig. 42. Illustration des sources d'énergie mesurées par le radiomètre d'un système d'imagerie millimétrique.

C'est dans ce contexte, qu'à partir de 2009, j'ai contribué dans l'équipe du Prof. Wu à la conception d'un système d'imagerie millimétrique passif basé sur la technologie SIW, dans l'objectif d'obtenir une réduction de poids, de coût et de taille. Ce travail a été réalisé à travers l'encadrement

d'une thèse [49]. Il s'agissait d'une nouvelle thématique et de la première expérience d'imagerie millimétrique au centre de recherche Poly-GRAMES. Nous avons travaillé par étape afin d'acquérir l'expérience nécessaire dans la conception d'un tel système d'imagerie et son implémentation en technologie SIW.

Dans le cadre de ce travail, nous avons développé un premier système d'imagerie passif [65] composé d'un circuit SIW frontal ayant deux principales fonctions, à savoir, la sélection de la bande de fréquence et l'amplification du signal reçu à un niveau approprié pour le détecteur. Ce système est illustré sur la Fig. 43. Il est composé d'une parabole avec une antenne cornet dans son plan focal. L'antenne cornet réceptionne l'énergie électromagnétique qu'elle capte et la transmet à la chaîne de filtrage et d'amplification au moyen d'une transition guide d'ondes à SIW [66]. Ensuite, un détecteur direct suivi d'un intégrateur fournit le niveau d'énergie mesuré sous la forme d'un signal analogique à un microcontrôleur qui réalise une conversion analogique numérique. Le signal numérique est ensuite transmis à un ordinateur. L'ensemble de cette chaîne d'acquisition est monté sur un positionneur 3D contrôlé par un ordinateur. En réalisant un balayage angulaire du système selon les angles θ et ϕ , il est ainsi possible de réaliser l'acquisition d'une image par la mesure des différents pixels correspondant à chaque position. Le gain de la chaîne est déterminé en fonction du bruit thermique mesuré et de la plage de détection du détecteur. L'énergie mesurée dépend de la bande passante, du bruit thermique, du gain de la chaîne et du temps d'intégration.

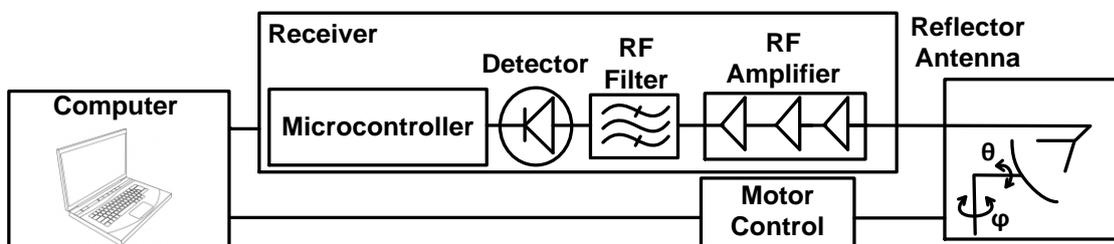


Fig. 43. Synoptique du premier système d'imagerie passif SIW mis en œuvre.

Dans l'objectif de pouvoir tester différentes configurations de la chaîne d'acquisition sans avoir à fabriquer de nombreux circuits, une nouvelle approche de prototypage à base de composants SIW a été développée. Cette approche consiste à interconnecter des sous-circuits réalisant des fonctions simples (filtre, amplificateur, détecteur, antenne...) pour construire des circuits complexes. Dans un premier temps, nous avons réalisé la démonstration de l'interconnexion de deux lignes SIW. Le prototype est illustré sur la Fig. 44(a). L'interconnexion est réalisée sans soudure, par une pression latérale due à des vis de serrage au niveau des bases. Les résultats de mesure, présentés sur la Fig. 44(b), montrent que l'interconnexion est très satisfaisante, avec moins de 0,17 dB de pertes introduites par l'interconnexion entre 30 à 40 GHz.

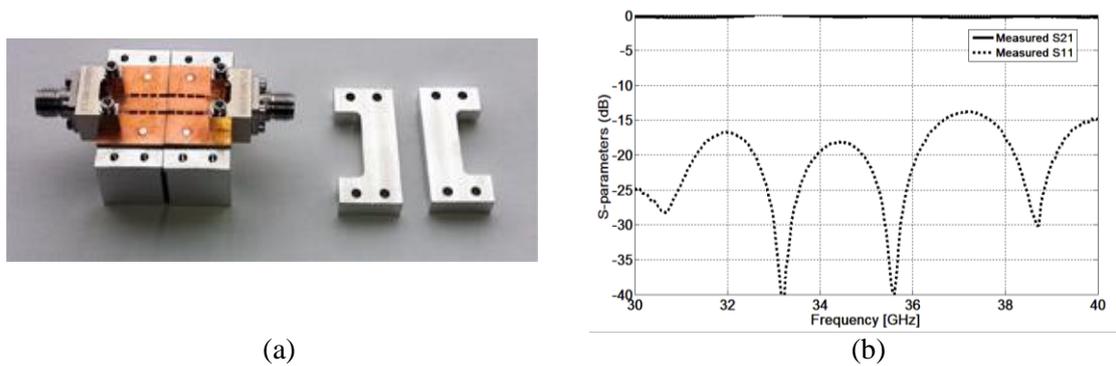


Fig. 44. Interconnexion entre deux circuits SIW : (a) prototype et (b) résultat de mesure.

Sur la Fig. 45(a), la chaîne d'amplification et de filtrage basée sur ce principe d'interconnexion est illustrée, avec un des capots de blindage montré sur la Fig. 45(b) et rempli d'absorbant pour prémunir d'éventuelles résonances. Le résultat de mesure de cette chaîne est présenté sur la Fig. 45(c). Un gain de 48 dB sur une bande de 1,5 GHz centré à 35 GHz est obtenu avec un coefficient de réflexion inférieur à -10 dB.

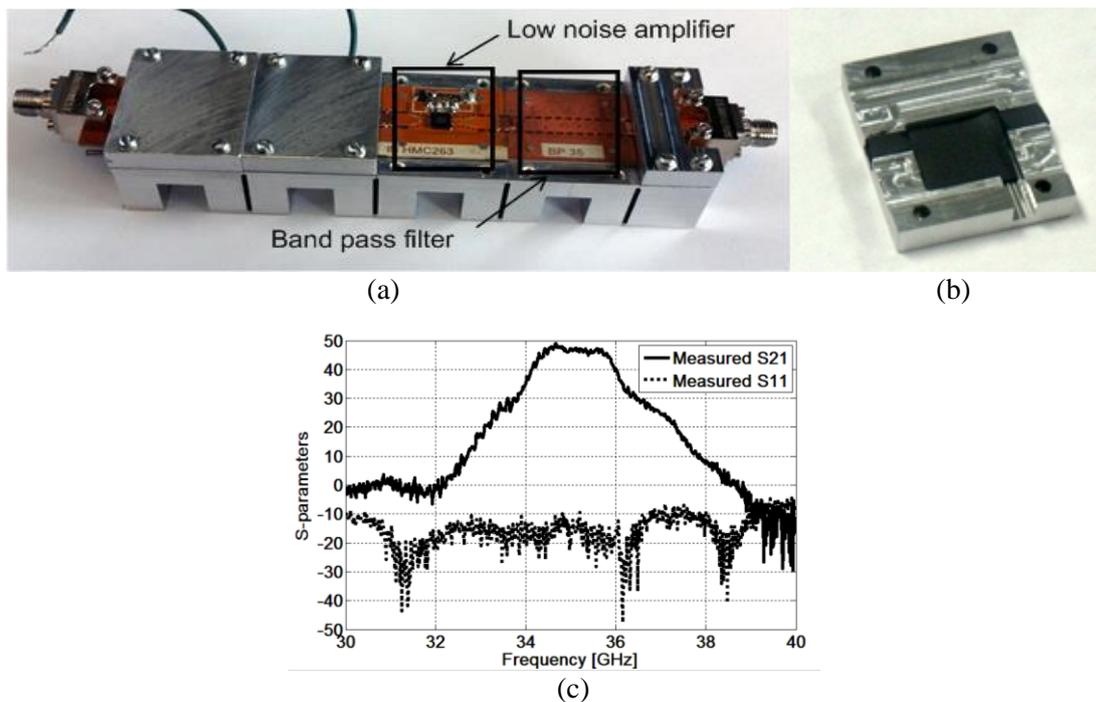


Fig. 45. (a) Chaîne d'amplification faible bruit et de filtrage avec (b) l'illustration d'un boîtier de blindage et (c) le résultat de mesure.

Le signal provenant du détecteur est traité à l'aide d'un convertisseur analogique numérique (CAN) d'un microcontrôleur, envoyé à l'ordinateur par le biais d'un port USB et traité par le logiciel d'acquisition de données développé sur la plate-forme Matlab (Fig. 46). Ce logiciel permet de réaliser le paramétrage de l'acquisition, ainsi que la sauvegarde de l'image brute obtenue pour un post-traitement, comme illustré sur la Fig. 47. Un post-traitement permettant d'accentuer le contraste

a notamment été réalisé. Un post-traitement pour la correction du désalignement des pixels dû au positionneur aurait pu également être mis en œuvre.

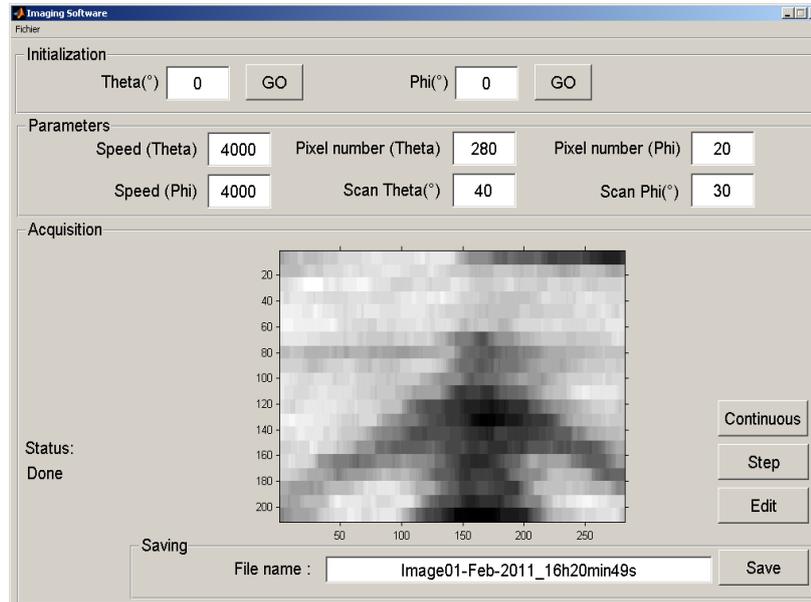


Fig. 46. Illustration du logiciel d'acquisition sous Matlab.

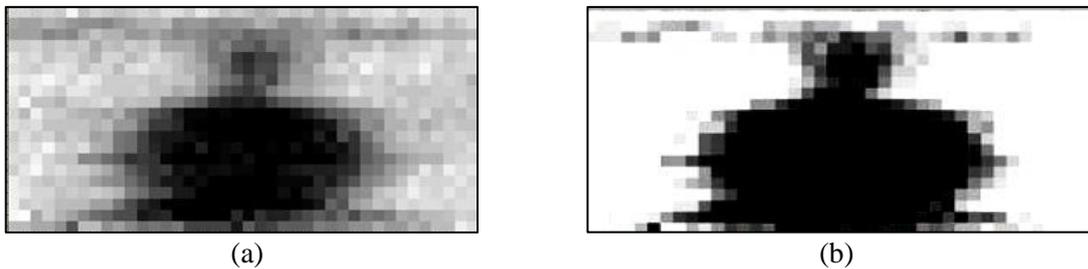


Fig. 47. Illustration du post traitement des images sous Matlab : (a) image brute et (b) image avec amélioration du contraste.

Grâce à ce premier système, nous avons pu démontrer qu'il était possible de réaliser un système d'imagerie implémentant la technologie SIW. À titre d'exemples, deux scènes ainsi que leur image millimétrique obtenue avec ce premier système sont illustrées sur la Fig. 48 et la Fig. 49. Sur les deux figures, plus le pixel est foncé, plus l'énergie de bruit thermique est élevée. Sur la première image, on peut nettement voir les bras écartés du cobaye. Sur la seconde image, on peut nettement voir la plaque métallique réfléchissant le bruit thermique ambiant en contraste avec le corps du cobaye. On peut voir sur les deux figures une zone chaude en haut à droite qui correspond à un néon. À l'aide de ce prototype, nous avons pu également réaliser la détection de personnes passant dans le couloir à travers le mur du fond de la salle de mesure constitué de gypse.

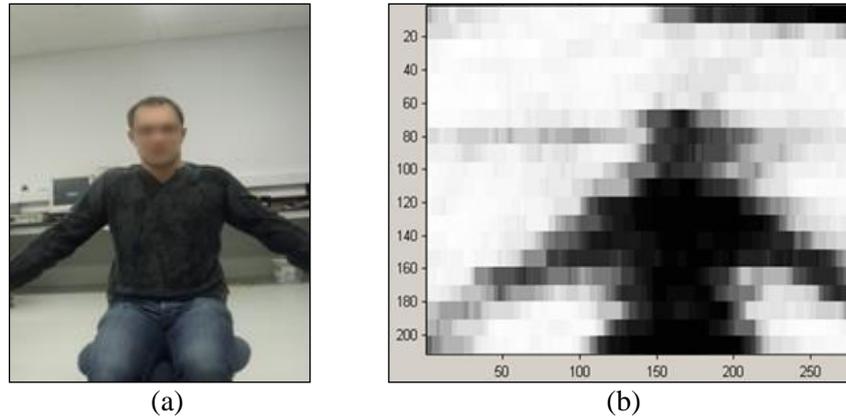


Fig. 48. (a) Scène avec un cobaye les bras écartés et (b) l'image correspondante acquise par le système SIW .

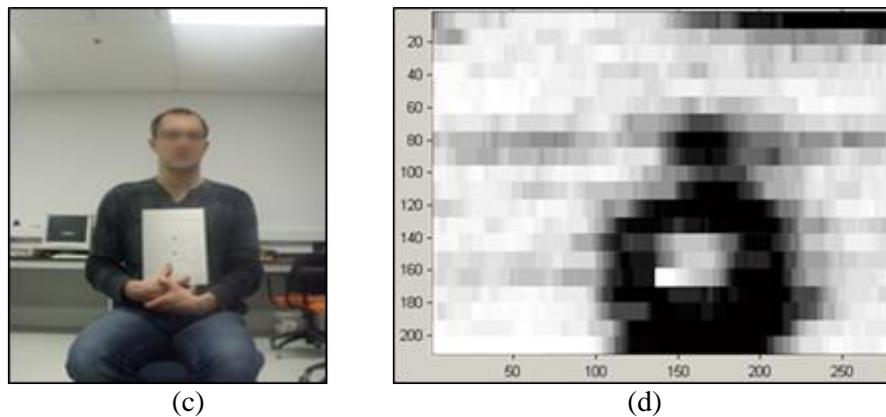


Fig. 49. (a) Scène avec un cobaye portant une plaque métallique et (b) l'image correspondante acquise par le système SIW.

Fort de l'expérience obtenue à travers la conception et le test de ce premier système, nous avons fait la réalisation d'un second système d'imagerie passif polarimétrique, c'est-à-dire réalisant la mesure de bruit sur différentes polarisations, afin de fournir des informations supplémentaires. À partir de la mesure des paramètres T_V , T_H , T_l , T_r , T_{45° et T_{-45° qui correspondent à la température de bruit de la polarisation verticale, horizontale, circulaire droite, circulaire gauche, linéairement inclinée à $+45^\circ$ et linéairement inclinée à -45° , il est possible d'obtenir les paramètres I , Q , U et V de Stockes donnés par :

$$\bar{T}_B = \begin{pmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_V + T_H \\ T_V - T_H \\ T_{45^\circ} - T_{-45^\circ} \\ T_l - T_r \end{pmatrix} \quad (1)$$

Le second système d'imagerie intégralement basée sur la technologie SIW est illustré sur la Fig. 50. Il implémente une antenne SIW tridimensionnelle à double polarisation (verticale et horizontale), une chaîne d'amplification et de filtrage par polarisation et un circuit six-port [67]

permettant d'obtenir l'ensemble des polarisations pour la détermination des paramètres de Stockes. Le positionneur mis en œuvre ainsi que le logiciel (identique au précédent) sont illustrés sur la Fig. 51.

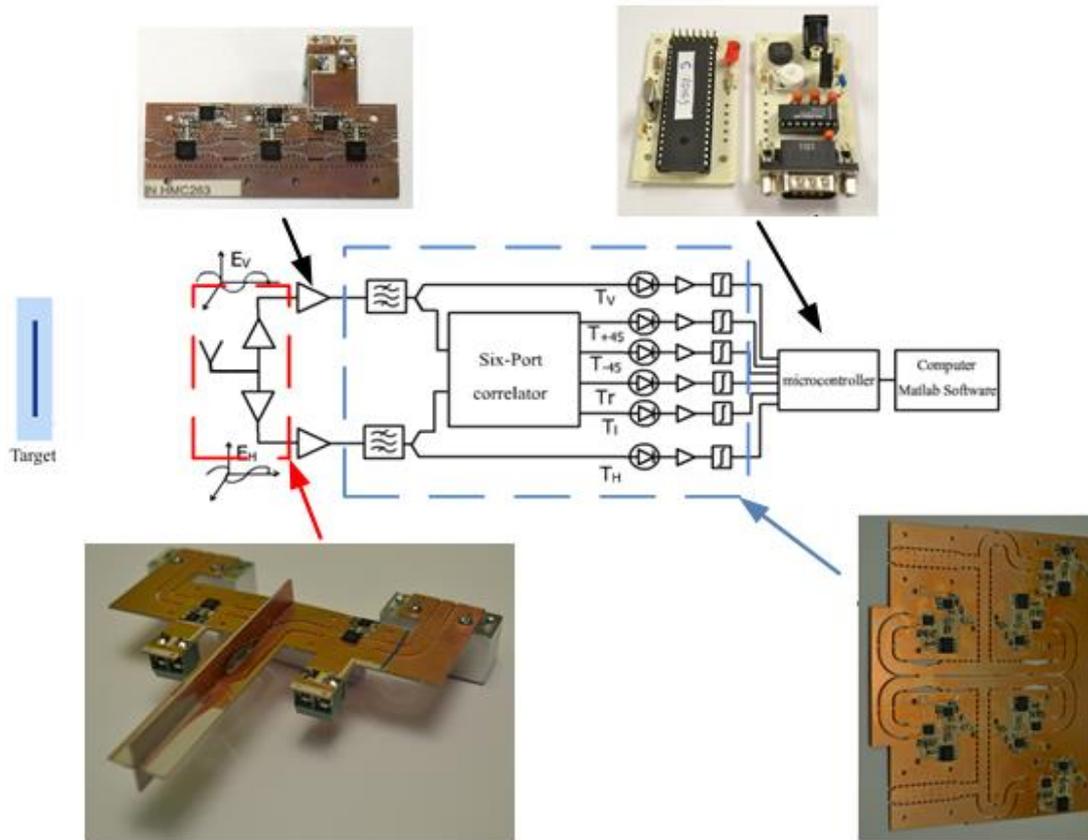


Fig. 50. Système d'imagerie polarimétrique SIW.

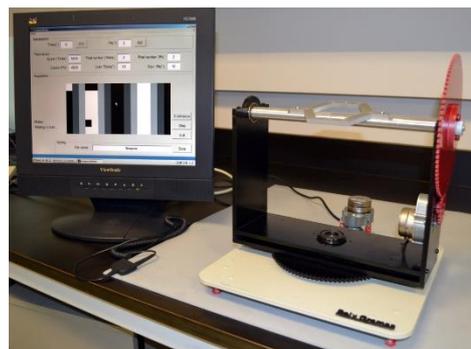


Fig. 51. Système de positionnement du récepteur polarimétrique avec le logiciel d'acquisition sous Matlab.

Afin de réaliser la caractérisation du système, nous avons réalisé une cible chauffante constituée d'un absorbant ayant une émissivité très proche de 1, et dont nous pouvons contrôler le bruit thermique émis. Cette cible est illustrée sur la Fig. 52.

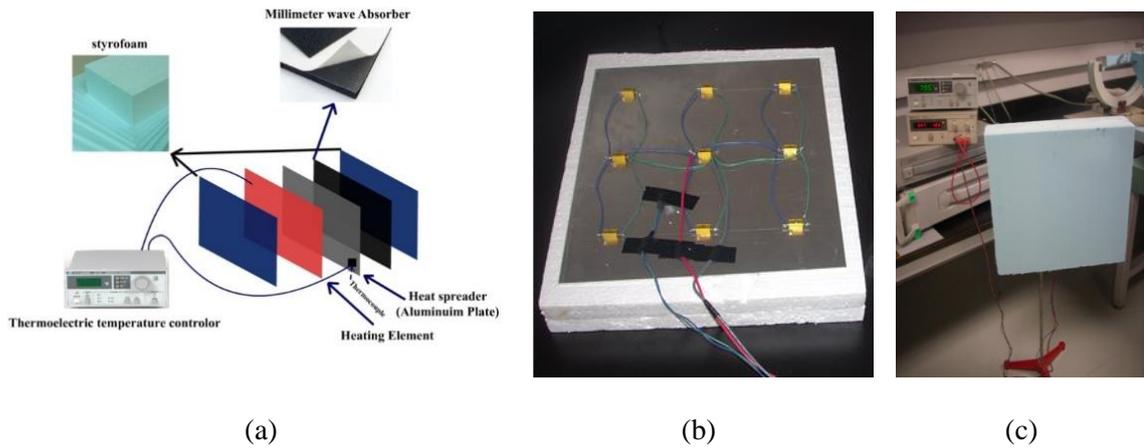


Fig. 52. (a) principe de la cible avec (b) illustration de la plaque chauffante et (c) et de la cible dans son environnement de test.

Nous avons mis en œuvre ce second système pour réaliser la mesure de la cible. Les paramètres de Stockes mesurés sont illustrés sur la Fig. 53. On peut voir qu'à la température ambiante, la cible ne peut être distinguée de l'environnement. On peut ensuite voir que lorsque la cible est chaude, on la distingue parfaitement sur l'image illustrant le paramètre I correspondant à l'énergie totale de bruit émise. La cible n'étant pas polarisée, les autres images correspondant aux paramètres Q , V et U restent blanches. Par manque de temps, la thèse s'achevant, nous n'avons pas pu pousser davantage les tests de ce système. Nous aurions pu notamment réaliser un polarisateur linéaire qui aurait permis de mettre en évidence les paramètres Q et U .

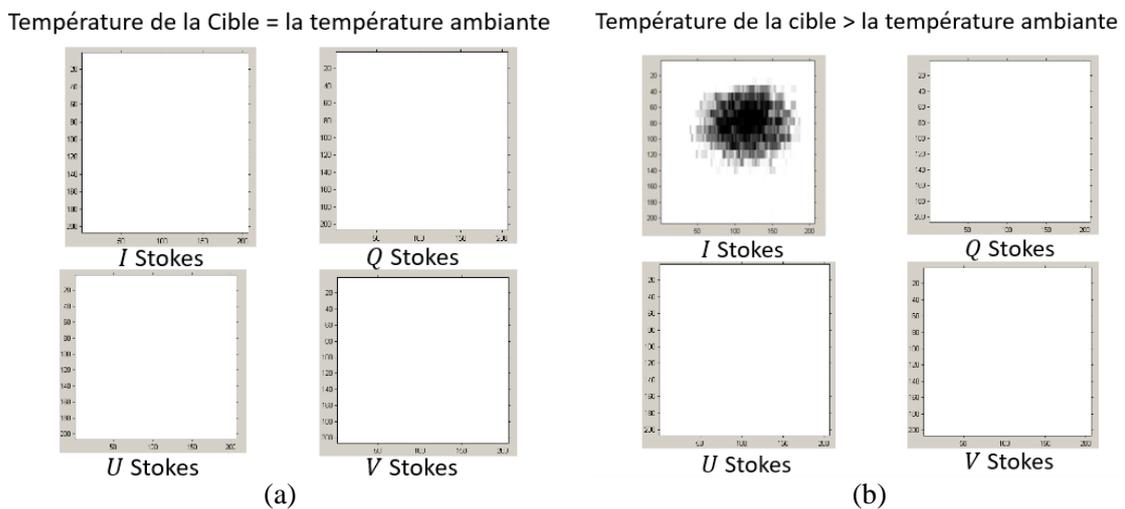


Fig. 53. Images acquises avec la cible (a) à température ambiante et (b) à haute température.

3.3. La technologie AFSIW

De quelques gigahertz à une centaine de gigahertz, le spectre d'applications de la technologie SIW est large. Néanmoins, cette technologie a des pertes diélectriques non négligeables qui augmentent avec la fréquence. Cette limitation réduit grandement la performance de cette technologie, et donc ses applications, particulièrement aux fréquences millimétriques. C'est ainsi que dans un bon nombre de systèmes millimétriques, la technologie guide d'ondes volumique reste employée malgré son coût relativement important.

C'est dans ce contexte, que courant 2012, j'ai proposé une nouvelle alternative à la technologie SIW et la technologie guide d'ondes métallique, à savoir, la technologie AFSIW. Afin de pouvoir étudier et réaliser des prototypes, j'ai initié une collaboration avec le Prof. T.P. Vuong du laboratoire IMEP-LaHC de Grenoble et le Prof. K. Wu du centre de recherche Poly-GRAMES au Québec, avec lesquels nous avons dirigé une thèse sur ce sujet [50].

La nouvelle topologie AFSIW proposée consiste en une ligne de transmission réalisée grâce aux techniques des circuits imprimés multicouches avec une partie centrale creuse, comme illustré sur la Fig. 54. L'objectif d'une telle structure est de supprimer la contribution des pertes diélectriques en remplaçant le substrat par de l'air. Les rangées de vias sont maintenues dans le but d'obtenir une structure complète SIW, sans propagation des modes TM.

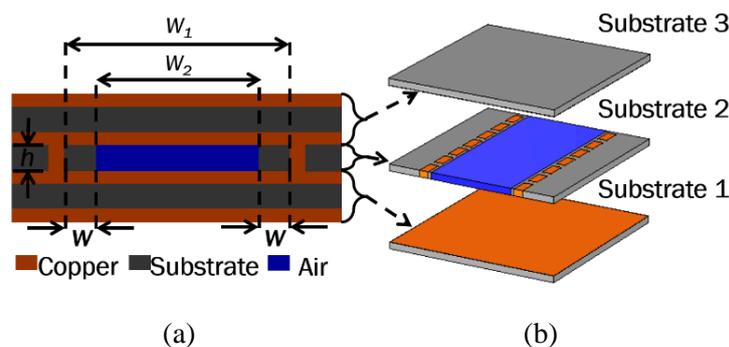


Fig. 54. (a) vue en coupe et (b) vue éclatée d'une ligne AFSIW.

Une première partie du travail a consisté en l'étude théorique et expérimentale de cette ligne de transmission. Nous avons dû notamment réaliser plusieurs expérimentations afin de correctement réaliser les prototypes multicouches, à partir des moyens de fabrication PCB simple couche du Poly-GRAMES et des moyens d'assemblage du laboratoire IMS. Le substrat du centre peut être un substrat RF ayant de faibles pertes diélectriques, alors que les substrats du dessus et du dessous peuvent être en un matériau faible coût comme du FR4. Pour des raisons de compacité, les substrats du dessus et

du dessous peuvent accueillir des circuits numériques ou analogiques en bande de base afin d'obtenir un système global intégré et compact.

Dans un second temps, différents composants AFSIW ont été développés, tirant parti des caractéristiques originales de cette technologie, à savoir :

- le haut facteur de qualité ;
- la flexibilité apportée par les barreaux de diélectrique permettant d'ajuster les caractéristiques de propagation ;
- la possibilité d'insérer des vias à l'intérieur de la structure ;
- son caractère multidimensionnel (2,5D).

Nous avons ainsi réalisé la démonstration de composants de base incluant une transition [68], un diviseur en T [69], un diviseur hybride [69], des déphaseurs [70]-[71], des filtres [72]-[75], des coupleurs [76]-[77] et des antennes [78]-[79]. Nous avons également étudié une ligne AFSIW à demi-mode [80] qui présente un intérêt pour la conception d'antennes à ondes de fuite. Dans la plupart des démonstrations réalisées, une comparaison avec la technologie SIW a été faite afin de mettre en avant l'apport de la technologie AFSIW sur les performances.

3.3.1. Caractéristiques principales d'une ligne AFSIW

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux principales caractéristiques des lignes SIW et AFSIW, afin de démontrer théoriquement les avantages de la nouvelle technologie AFSIW et également de fournir des outils de conception pour son dimensionnement.

Une étude théorique complète des pertes, incluant les pertes diélectriques, de conduction et de rugosité de surface a été menée. Également, le calcul de la fréquence de coupure du mode fondamentale f_{c10} en fonction des caractéristiques de la ligne AFSIW montrées sur la Fig. 54, a été déterminé à partir de la résolution de (2) par l'utilisation de la méthode de Newton-Raphson.

$$\tan\left(\frac{\sqrt{\varepsilon_r} * (W_1 - W_2) * \pi f_{c10}}{c}\right) = \sqrt{\varepsilon_r} \cot\left(\frac{W_2 * \pi f_{c10}}{c}\right) \quad (2)$$

Une comparaison des pertes de transmission obtenue théoriquement est donnée sur la Fig. 55 entre le SIW et l'AFSIW. On peut voir qu'une très bonne concordance entre les résultats théoriques et expérimentaux est obtenue. La ligne AFSIW réduit drastiquement les pertes de transmission.

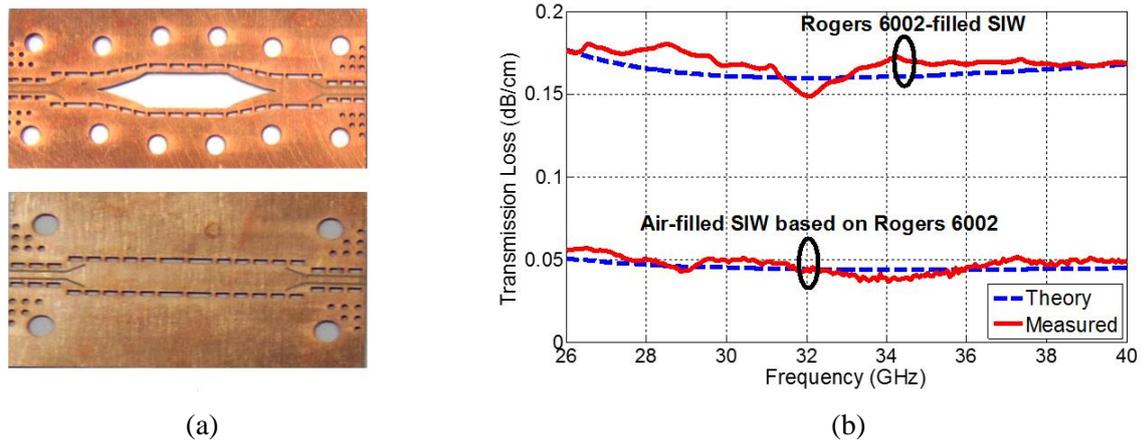


Fig. 55. (a) prototype des lignes AFSIW et SIW et (b) leurs coefficients de transmission mesurés et obtenus en théorie.

Nous nous sommes également intéressés à la tenue en puissance de ce nouveau type de ligne, la technologie guide d'ondes restant incontournable à ce jour pour des applications de puissance. Nous avons montré que la ligne AFSIW surpasse en tenue moyenne de puissance une ligne SIW. Les résultats théoriques, n'ayant pas pu être confrontés à des résultats expérimentaux par manque de moyens expérimentaux de puissance, sont présentés sur la Fig. 56. On peut voir que la limitation en puissance est liée au facteur de transition vitreuse T_g des substrats. Réalisé avec un substrat Rogers 6002, une ligne AFSIW à une tenue en puissance améliorée de près de 8 dB. Si un substrat faible coût est employé, tels que les substrats standards FR4 ayant un T_g de 115°C , la ligne AFSIW présente une tenue en puissance moyenne comparable à une ligne SIW réalisée en matériaux Rogers 6002.

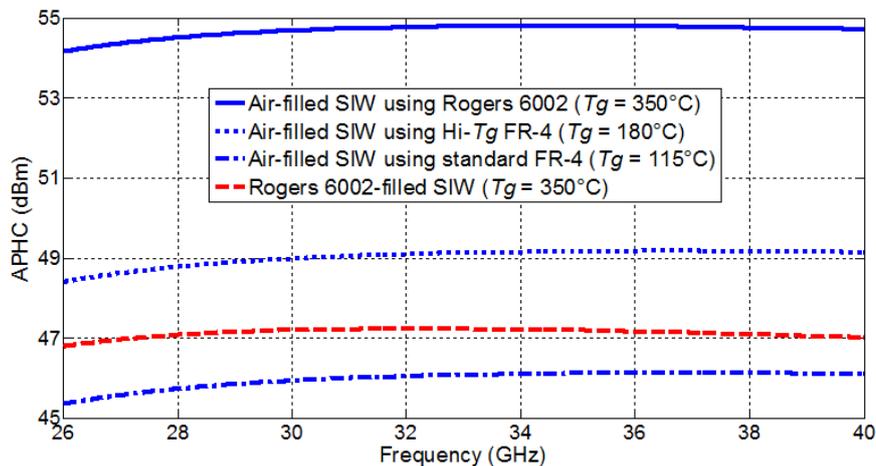


Fig. 56. Tenue en puissance moyenne théorique des lignes AFSIW et SIW.

Le Tab. 2 compare les performances à 33 GHz d'une ligne AFSIW et de deux lignes SIW réalisées en substrat 6002 et 5880 de Rogers (substrats couramment utilisés aux fréquences millimétriques). Ces lignes ont été dimensionnées pour opérer dans la bande Ka allant de 26 à 40 GHz. On peut voir dans ce tableau que la ligne AFSIW surpasse les deux lignes SIW en termes de pertes. Comparativement aux lignes SIW réalisées en 6002 et 5880, la ligne AFSIW présente

27,5% et 37% des pertes totales respectivement. Ainsi, le facteur de qualité de la ligne AFSIW est nettement supérieur aux lignes SIW. Les pertes réduites de la ligne AFSIW induisent une meilleure tenue en puissance moyenne. En contrepartie, la tenue en puissance pic de la ligne AFSIW est réduite, mais reste de l'ordre de la dizaine de kW, ce qui convient largement à la majorité des applications. Également, la largeur de la ligne AFSIW est augmentée d'un facteur 1,47, ce qui peut permettre de relâcher les tolérances de fabrication.

	6002-filled SIW	5880-filled SIW	AFSIW
Pertes diélectriques (dB/cm)	0,081	0,052	0
Pertes ohmiques (dB/cm)	0,053	0,045	0,029
Pertes de rugosité de surface (dB/cm)	0,026	0,022	0,014
Pertes totales (dB/cm)	0,16	0,12	0,044
Facteur de qualité	187	251	680
APHC (dBm)	47,2	46,8	54,8
PPHC (kW)	1046	2375	23,6
Largeur (mm)	4,11	4,77	7,04

Tab. 2. Comparaison des lignes SIW et AFSIW à 33 GHz (même épaisseur et même fréquence de coupure f_{c10}).

Afin d'améliorer les performances, nous nous sommes intéressés à la diminution des pertes de rugosité de surface qui sont relativement importantes (environ 30% comme indiqué dans la Tab. 2). La Fig. 57(a) présente la rugosité de surface du cuivre d'une plaque de FR4. Une rugosité rms de 0,989 μm est obtenue. En réalisant un polissage avant l'assemblage de la structure AFSIW, une rugosité rms de 0,389 μm peut être obtenue, comme montrée sur la Fig. 57 (b).

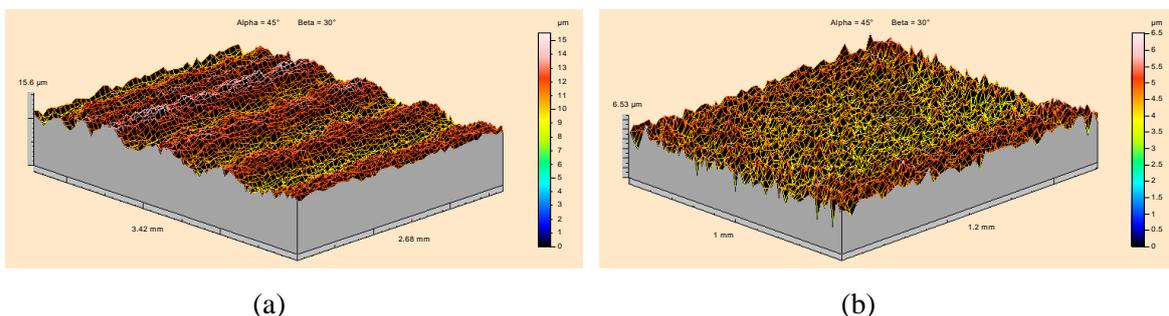


Fig. 57. Rugosité de surface mesurée du cuivre (a) brut et (b) poli d'un substrat FR4.

Une étude théorique ainsi que la mesure de prototypes ont été réalisées afin de quantifier le gain apporté par cette étape de polissage supplémentaire. Comme illustré sur la Fig. 58, montrant la différence de pertes de transmission entre une ligne AFSIW brute et une ligne AFSIW ayant subi l'étape de polissage, les pertes de transmission sont nettement améliorées.

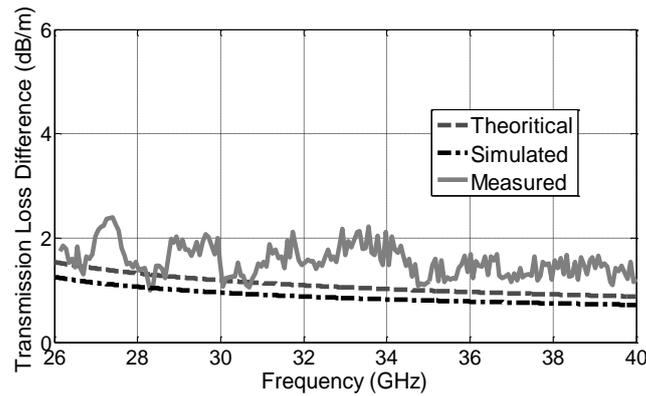


Fig. 58. Différence de pertes de transmission mesurées, théoriques et simulées entre une ligne AFSIW basée sur une surface cuivrée brute et polie.

3.3.2. Conception de composants AFSIW à haut facteur de qualité

Dans cette partie, une liste non exhaustive des composants AFSIW qui ont été conçus dans le cadre de la thèse [50] est présentée. Quelques exemples les plus démonstratifs sont introduits.

Le tout premier composant qui a été conçu est une transition d'une ligne SIW à une ligne AFSIW [68]. Il a été mis en œuvre dans la caractérisation de la ligne AFSIW présenté ci-dessus. Dans l'objectif de réaliser une transition large bande, nous avons dans un premier temps procédé à la détermination des sections de ligne partiellement creuse à partir de (2) pour garder une fréquence f_{c10} de coupure du premier mode constante. Ensuite, l'espacement entre ces sections a été ajusté dans un logiciel de simulation électromagnétique afin d'obtenir une bonne adaptation. La géométrie de la transition est montrée sur la Fig. 59(a) avec l'amplitude du champ électrique le long de deux transitions dos à dos sur la Fig. 59(b). Le prototype de transitions dos à dos est illustré sur la Fig. 60(a). Les résultats de mesure et de simulation sont comparés sur la Fig. 60(b). Une perte par transition de $0,3 \pm 0,1$ dB est obtenue en mesure sur l'ensemble de la bande Ka. Cette transition, dont la longueur a été optimisée par la suite, a été utilisée afin d'interconnecter les composants AFSIW qui ont été développés. Un kit de calibration TRL, permettant de positionner le plan de référence juste après la transition SIW à AFSIW a été développé et mis en œuvre pour la caractérisation des composants AFSIW.

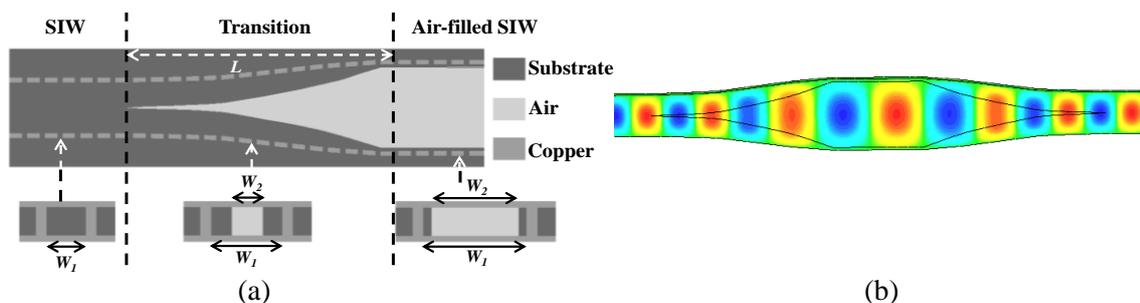


Fig. 59. (a) détail d'une transition SIW à AFSIW et (b) amplitude du champ électrique le long de deux transitions dos à dos.

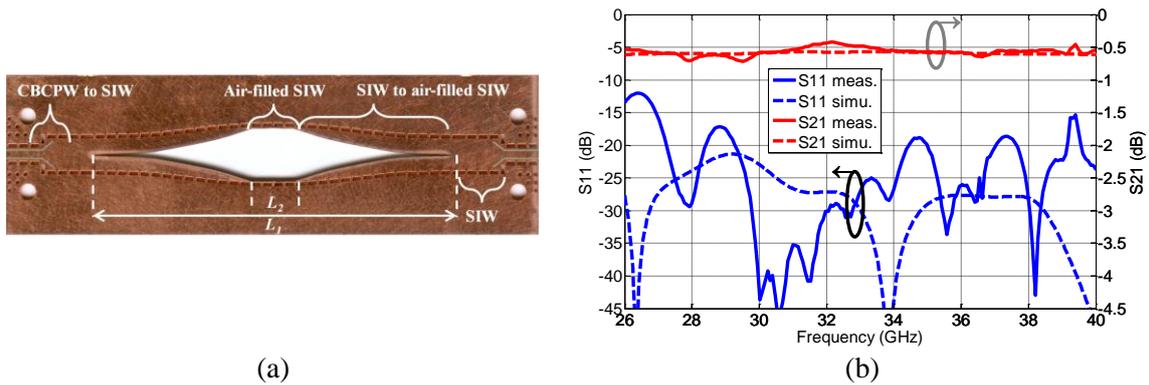


Fig. 60. (a) prototype de deux transitions dos à dos et (b) paramètres S mesurés et simulés.

Un second élément d'intérêt qui a été développé est un déphaseur compensé large bande [71]. La largeur des barreaux diélectriques de la ligne AFSIW peut être ajustée afin de contrôler le coefficient de propagation pour obtenir un déphasage. Cependant, le déphasage obtenu en augmentant l'épaisseur de ces barreaux augmente avec la fréquence. Nous avons montré qu'il est possible de compenser cette variation en mettant en série une section de ligne AFSIW ayant une largeur totale plus grande et une variation négative de la phase. Le prototype ayant permis de réaliser la démonstration est présenté sur la Fig. 61.

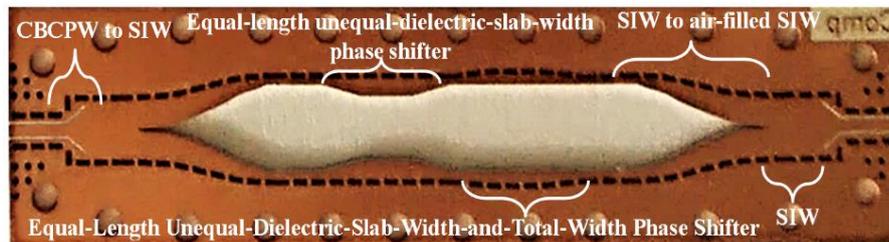


Fig. 61. Prototype d'un déphaseur compensé AFSIW large bande.

Également, nous nous sommes intéressés à la conception de filtres à partir de la technologie AFSIW présentant un fort facteur de qualité [72]. Un filtre d'ordre trois utilisant des ponts inductifs a été conçu (voir Fig. 62) et comparé à sa version SIW. Le Tab. 3 compare les performances réalisées par le filtre SIW et le filtre AFSIW. On peut voir que pour une fréquence centrale et une bande passante identique, les pertes d'insertion sont réduites de 0,56 dB à 0,18 dB, correspondant à une augmentation du facteur de qualité de 157 à 706 en utilisant la technologie AFSIW.

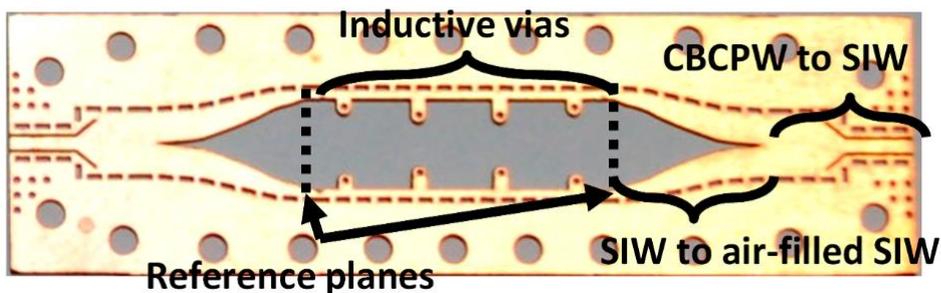


Fig. 62. Prototype du filtre AFSIW à poteaux inductifs.

Dans la bande Ka	Filtre SIW	Filtre AFSIW
Pertes d'insertion (dB)	0,56	0,18
Pertes d'adaptation (dB)	< -15	< -15
Fréquence centrale f_0 (GHz)	31,65	31,83
Bande passante (%)	15,8	15
Facteur de qualité Q	157	706

Tab. 3. Tableau de comparaison entre les filtres SIW et AFSIW (résultats de mesure).

Un second filtre mettant à profit le caractère multicouche de la technologie AFSIW a été conçu [73]. Ce filtre, dont la section est présentée sur la Fig. 63(a) et les différentes couches sont montrées sur la Fig. 63(b), implémente des ouvertures de couplage vertical afin de coupler les cavités et d'obtenir ainsi un filtre très compact.

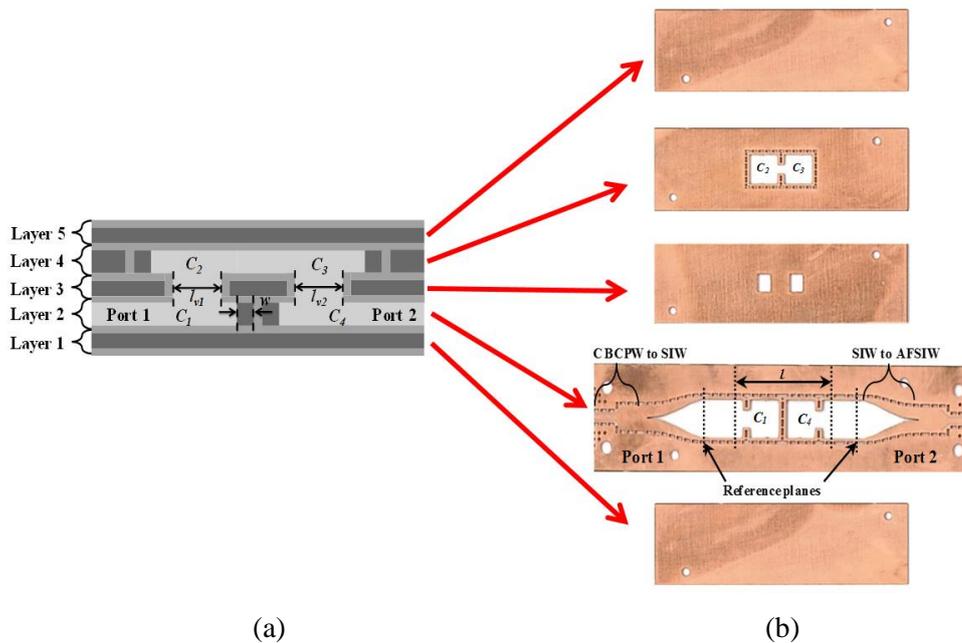


Fig. 63. (a) vue en coupe et (b) vue des couches d'un filtre AFSIW multicouche.

Un exemple de coupleur AFSIW (un coupleur de Riblet [77]), est illustré sur la Fig. 64. Ce coupleur réalise le couplage entre une ligne AFSIW pouvant contenir un signal de puissance et une ligne SIW réalisée dans le substrat du dessus. À notre connaissance, il s'agit du premier coupleur implémentant deux structures de type guide d'ondes chargé de matériaux diélectriques différents. Nous avons donc développé une approche théorique permettant de préconcevoir ce type de structure. Les résultats théoriques sont comparés aux résultats de mesure et de simulation sur la Fig. 65. On peut voir que les trois résultats ont une très bonne correspondance. Le coupleur opère sur une très large bande avec une bonne isolation et un facteur de couplage de -20 dB.

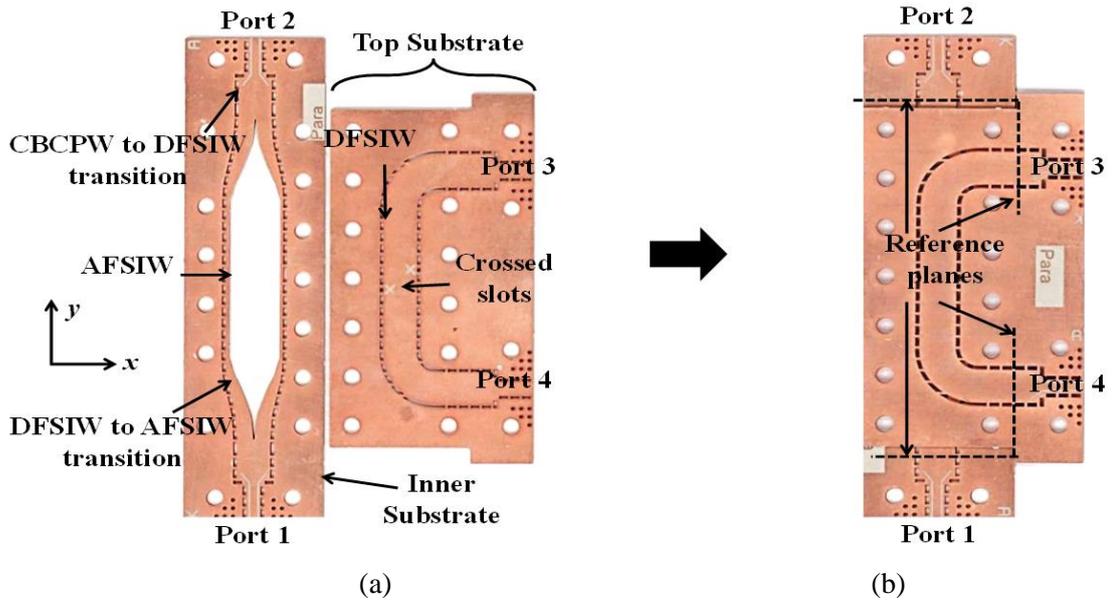


Fig. 64. Vue du coupleur de Riblet AFSIW (a) avant et (b) après assemblage.

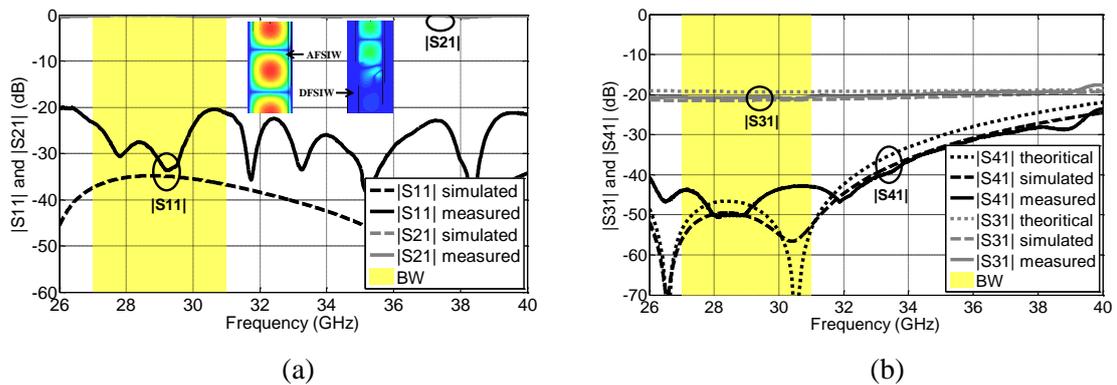


Fig. 65. Paramètres S mesurés, théoriques et simulés du coupleur de Riblet AFSIW : (a) S11 et S21, et (b) S41 et S31.

Pour finir, un exemple d'antenne AFSIW [79] est illustré avec sa contrepartie SIW sur la Fig. 66. Il s'agit d'antennes de type ALSTA (antipodal linearly tapered slot antenna). Ces deux antennes ont été conçues avec des dimensions comparables.

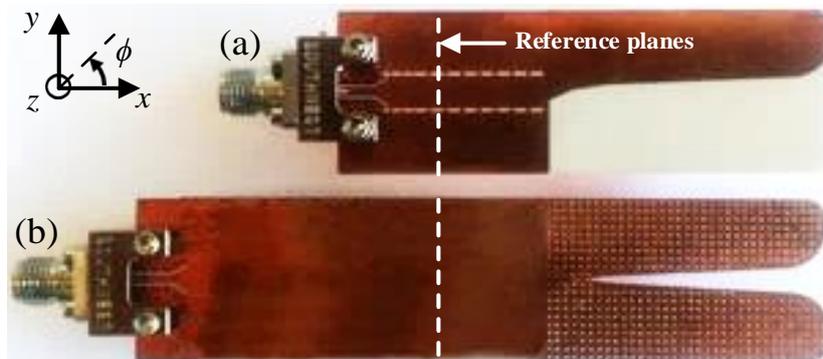


Fig. 66. Antennes ALSTA (a) SIW et (b) AFSIW.

Les diagrammes de rayonnement dans les plans xz sont illustrés sur la Fig. 67. On peut voir que l'antenne AFSIW présente un gain plus important de 4 dB. Le Tab. 4 compare les performances de l'antenne SIW et de l'antenne AFSIW. Les pertes réduites de l'antenne AFSIW permettent d'augmenter l'efficacité de l'antenne comparativement à l'antenne SIW. Le rayonnement des deux antennes est différent en raison de la différence de diélectrique chargeant la partie rayonnante. Ainsi, l'antenne SIW présente un gain moindre, en raison de son ouverture plus importante dans le plan xy , ainsi qu'une inclinaison de sa polarisation plus importante que sa contrepartie AFSIW. Pour la conception d'antennes, la technologie AFSIW présente un intérêt remarquable afin de réduire les pertes dans les réseaux d'alimentation, tout particulièrement pour les antennes en réseau. Nous n'avons malheureusement pas eu le temps de réaliser la conception de réseau d'antennes à partir de cette technologie.

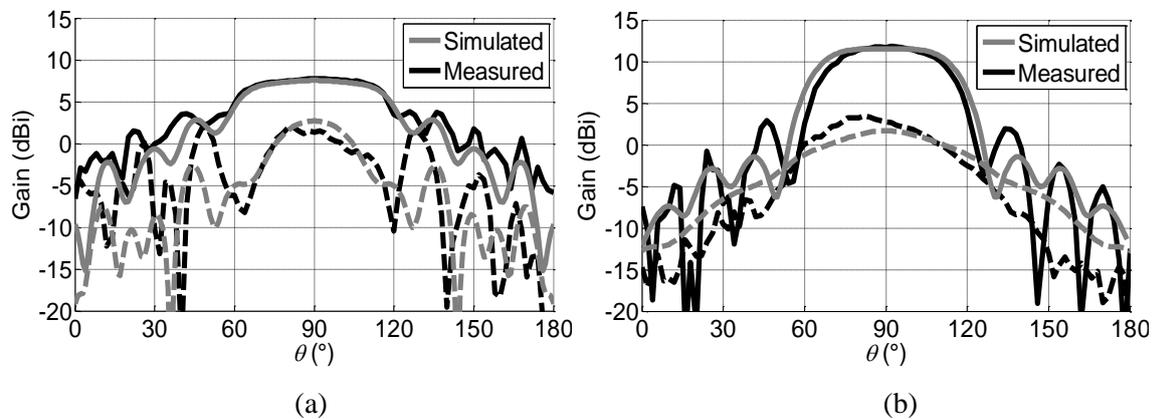


Fig. 67. Diagrammes de rayonnement dans le plan xz des antennes ALSTA (a) SIW et (b) AFSIW.

*à 35,5 GHz	SIW ALSTA	AFSIW ALSTA	Unité
Dimensions de la partie rayonnante	34,3 x 20,5	34,3 x 20,5	mm
Bande passante à -10 dB mesurée	26,6 – 40	26 – 40	GHz
Inclinaison de la polarisation simulée	31	15	°
HPBW mesuré dans le plan xz *	56	56	°
HPBW mesuré dans le plan xy *	56	39	°
Efficacité simulée	96,8	99,4	%
Gain mesuré*	7,7	11,7	dBi
Isolation de polarisation mesurée*	5,9	8,5	dB

Tab. 4. Tableau de comparaison des antennes ALSTA SIW et AFSIW.

3.4. Bilan

A travers l'encadrement de trois thèses sur la thématique des technologies SIW, j'ai contribué : à la réalisation de l'accordabilité par matériaux ferromagnétiques de composants SIW ; à la proposition d'un nouveau type de double accordabilité magnétique et électrique permettant d'étendre l'accordabilité des composants SIW et également d'avoir un degré de liberté supplémentaire permettant d'obtenir une accordabilité étendue à plusieurs caractéristiques ; au développement de nouveaux composants SIW tridimensionnels permettant de palier à la limitation du caractère planaire de la technologie SIW afin de réduire l'empreinte des composants et de concevoir de nouveaux éléments ; à l'application de la technologie SIW pour la conception et démonstration d'un système d'imagerie millimétrique passif ; à l'émergence d'une technologie alternative à la technologie SIW, que nous avons dénommée AFSIW, afin de proposer une plateforme technologique faible coût, intégrée, à haut facteur de qualité et à forte tenue en puissance, alternative aux guides d'ondes conventionnels pour des applications millimétriques ; et enfin, à la démonstration de nombreux composants AFSIW, en prenant avantage de sa caractéristique multicouche pour la réalisation de composants 2,5D, et en comparant leurs performances à leurs contreparties SIW.

Convaincu du très fort potentiel de la technologie AFSIW et d'autres technologies PCB creuses multicouches émergentes, des perspectives de recherche sur cette thématique sont décrites à la fin de ce manuscrit.

4. Circuits intégrés actifs

4.1. Introduction

Ce chapitre présente une synthèse de mes activités de recherche portant sur la conception et caractérisation de circuits intégrés actifs, et particulièrement les amplificateurs et modulateurs électro-optiques.

Une première partie se consacre brièvement à une présentation sur des travaux concernant le développement d'une technologie AsGa submillimétrique au centre de recherche Poly-GRAMES dans le cadre de ma fonction d'associé de recherche.

Une seconde partie est dédiée à la conception d'amplificateurs de puissance. Les travaux réalisés dans le cadre de la thèse de D. Polge sur la conception d'amplificateurs de puissance pour application UWB sont présentés. Ces travaux ont eu pour objectif de réaliser une amplification linéaire et à faible temps de groupe d'impulsions UWB, tout en minimisant la consommation d'énergie. Ensuite, des travaux réalisés en collaboration avec Thalès Systèmes Aéroportés portant sur la conception et caractérisation d'amplificateurs de puissance en technologie BiCMOS permettant d'atteindre des niveaux de puissance au-delà de l'état de l'art sont présentés. Suite à cela, un amplificateur millimétrique CMOS opérant à 60 GHz en technologie 28 nm est introduit.

Une troisième partie de ce chapitre présente les travaux réalisés dans le cadre de la thèse de J. Prades menés au sein du laboratoire commun STMicroelectronics-IMS. Ces travaux ont porté sur la conception et la réalisation d'un modulateur électro-optique conçu dans l'objectif de réaliser la modulation sur une unique voie à un débit de 100 Gb/s, qui est au-delà de l'état de l'art actuel.

Enfin, une quatrième partie présente des travaux portant sur l'instrumentation pour la caractérisation de circuits actifs. D'abord, un travail sur un circuit non-linéaire pour la validation des procédés de calibration d'analyseur de réseau non linéaire (NVNA, pour nonlinear VNA) ou analyseur de réseaux larges signaux (LSNA, pour large network signal analyser) est présenté. Ensuite, le développement d'un nouveau synthétiseur d'impédance coaxial à fort TOS en collaboration avec la start-up Advtech et les équipes III-V et Model de l'IMS est introduit.

4.2. Développement d'une technologie AsGa submillimétrique

Au sein du groupe de recherche du Prof. K. Wu, j'ai pu contribuer au développement d'une technologie AsGa submillimétrique. L'objectif de ce projet de recherche a été de disposer d'une technologie propre au Poly-GRAMES, permettant de réaliser des composants, circuits et systèmes submillimétriques afin de pouvoir notamment soutenir les projets de recherche du laboratoire dans la bande de fréquences 110 à 750 GHz. J'ai pu opérer avec un ingénieur dans la salle blanche classe 100 du Poly-GRAMES (Fig. 68(a)) disposant de l'ensemble des moyens de fabrication de circuits intégrés, incluant des enceintes de pulvérisation (Fig. 68(b)), un graveur de masques (Fig. 68(c)) et un four de diffusion.



Fig. 68. (a) salle blanche classe 100 du centre de recherche Poly-GRAMES, (b) enceinte de pulvérisation et (c) graveur de masques.

Je suis intervenu au début de ce projet sur la prise en main des outils de fabrication et l'élaboration de différents processus nécessaires à la réalisation de circuits AsGa, notamment de diode Schottky pour la réalisation de fonctions de mélanges, multiplications et détections. Les travaux réalisés ont compris le développement des gravures par résines photosensibles, la réalisation de contacts ohmiques, ainsi que d'air-bridges. Ces derniers permettent la connexion du pad d'anode avec la jonction Schottky en minimisant la capacité parasite limitant la bande d'opération entre l'anode et la cathode [81]. Le schéma d'une diode Schottky submillimétrique est illustré sur la Fig. 69(a). Une des structures réalisées (air-bridge et contact ohmique) est illustrée sur la Fig. 69(b). Je n'ai malheureusement pas pu participer à la suite de ces travaux, notamment la réalisation des contacts Schottky, prenant mes fonctions à l'IMS. Cette expérience a été très enrichissante, car me permettant de me familiariser avec les technologies AsGa et les procédés de micro-fabrication.

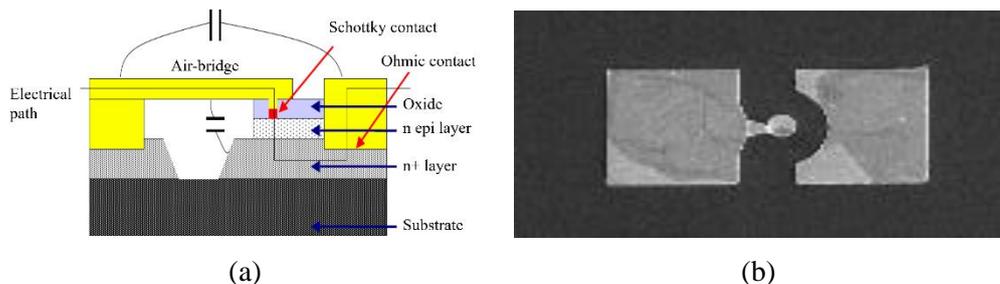


Fig. 69. (a) schéma d'une diode Schottky à air-bridge [82] et (b) exemple d'une structure de test réalisée comportant un air-bridge et le contact ohmique.

4.3. Amplificateurs de puissance intégrés

Rejoignant l'équipe CSH du laboratoire IMS dont une des thématiques fortes est la conception d'amplificateurs de puissance intégrés, j'ai contribué dans cette thématique en adressant la conception et caractérisation d'amplificateurs de puissance pour des applications UWB, en bandes X et millimétriques. Cette partie de ma HDR présente une synthèse de ces travaux.

4.3.1. Amplificateurs de puissance UWB

À travers la thèse CIFRE de D. Polge [83], réalisée en collaboration avec la société BeSpoon, nous avons adressé la conception d'un amplificateur de puissance large bande à polarisation contrôlée et à faible variation du temps de propagation de groupe pour des systèmes de localisation en technologie UWB impulsionnelle. Cette dernière améliore la précision des systèmes de localisation en environnement intérieur, en limitant les perturbations potentielles liées aux multitrajets. La nouvelle norme LAES (Location tracking Application in Emergency and disaster Situations), destinée aux situations d'urgence, permet de relever le niveau d'émission de puissance de 20 dB, afin d'améliorer la localisation au travers d'obstacles épais et faciliter l'intervention des secours [84]. Après avoir démontré la faisabilité, l'intérêt et les limites d'associer la puce UWB de BeSpoon à un amplificateur large bande du commerce afin d'adresser cette nouvelle norme [85], cette thèse s'est consacrée à la conception d'un amplificateur intégré conforme à la norme LAES et minimisant la consommation d'énergie en considérant l'aspect impulsionnel des signaux. Suite à un état de l'art des amplificateurs de puissance UWB existants, plusieurs circuits ont été conçus : une cellule de puissance large bande, à forte linéarité et faible variation de temps de groupe, et une cellule pré-amplificatrice large bande et à faible variation de temps de groupe fournissant un apport de gain. Enfin, un système d'amplification de puissance à polarisation contrôlée, illustré sur la Fig. 70(a), exploitant la nature impulsionnelle du signal, a été proposé. La limitation de l'activation de l'amplificateur à la seule manifestation d'une impulsion permet de réduire drastiquement l'impact énergétique du PA sur un système de localisation UWB, comme illustré sur la Fig. 70(b).

Dans le cadre de ces travaux, une attention toute particulière a été apportée à la conception d'un amplificateur de puissance large bande, à forte linéarité et faible variation de temps de groupe. Ce dernier critère étant peu adressé dans la littérature, nous avons dû lui apporter une attention toute particulière en raison de la nature atypique des signaux UWB, des techniques de réception mise en œuvre dans ce type de système, ainsi que de son impact sur la précision de la localisation. En effet, la réception des signaux UWB, pouvant être noyés sous le plancher de bruit, est basée sur une convolution entre le signal reçu et un signal attendu modélisé dans le récepteur. Le modèle du signal étant obtenu en prenant en compte un modèle de propagation pouvant intégrer le modèle des antennes [6]-[9]. Ainsi, afin de ne pas interférer sur la conception du récepteur devant opérer avec et sans

l'amplificateur, la déformation des pulses UWB doit être minimale à la fois en phase et en amplitude. Cela se caractérise par de fortes contraintes de platitude de gain et de temps de groupe sur chacune des sous-bandes UWB. Également, afin d'obtenir une bonne précision de la localisation, l'étalement temporel des pulses doit être minimisé, et donc le temps de groupe le plus plat possible.

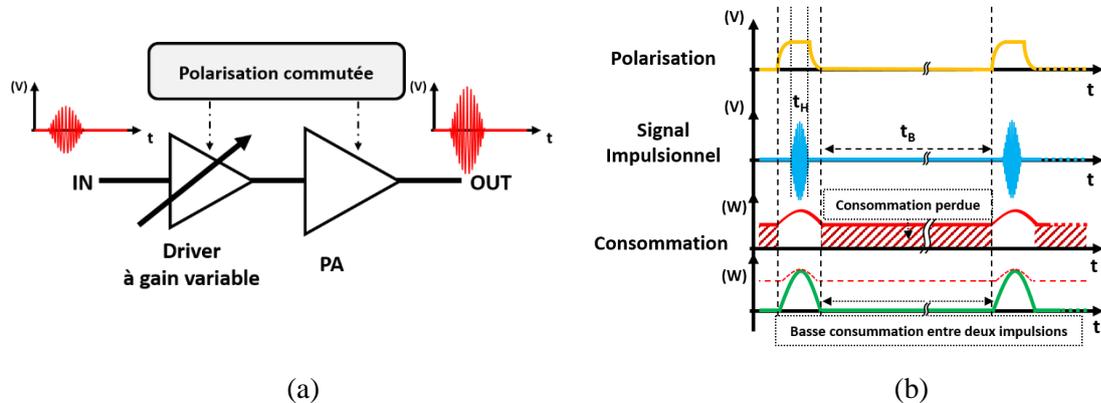


Fig. 70. Illustration (a) de la chaîne d'amplification de puissance commutée et (b) du gain de consommation sans et avec la gestion de la polarisation tenant compte de la nature impulsionnelle des signaux UWB [86].

Un amplificateur de puissance intégré en technologie CMOS 65 nm de TSMC a été conçu pour cette application particulière. Son schéma est présenté sur la Fig. 71(a). Une photo de la puce fabriquée est montrée sur la Fig. 71(b). Sa conception est basée sur l'empilement de quatre transistors admettant une alimentation sous 4 V permettant d'atteindre un haut point de compression à 1 dB.

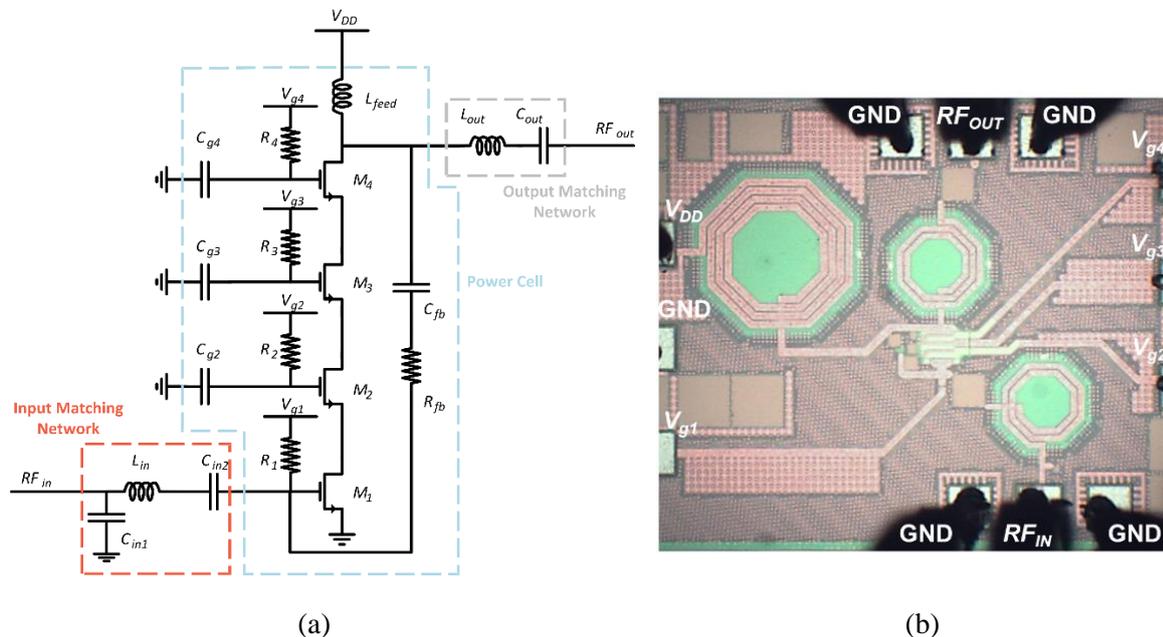


Fig. 71. (a) schéma de l'amplificateur de puissance UWB et (b) photo de la puce.

Afin de garantir une platitude du gain et du temps de groupe sur toute la bande de fréquence, cette cellule large bande a été optimisée en ajustant les valeurs de la résistance de retour de boucle R_{fb} et de l'inductance d'alimentation L_{feed} . Également, la platitude du gain et du temps de groupe des

réseaux d'adaptation d'impédance d'entrée et de sortie sont optimisées par l'utilisation de réseaux simples apportant peu de pertes. À titre d'exemple, l'effet du réseau de sortie est illustré sur la Fig. 72.

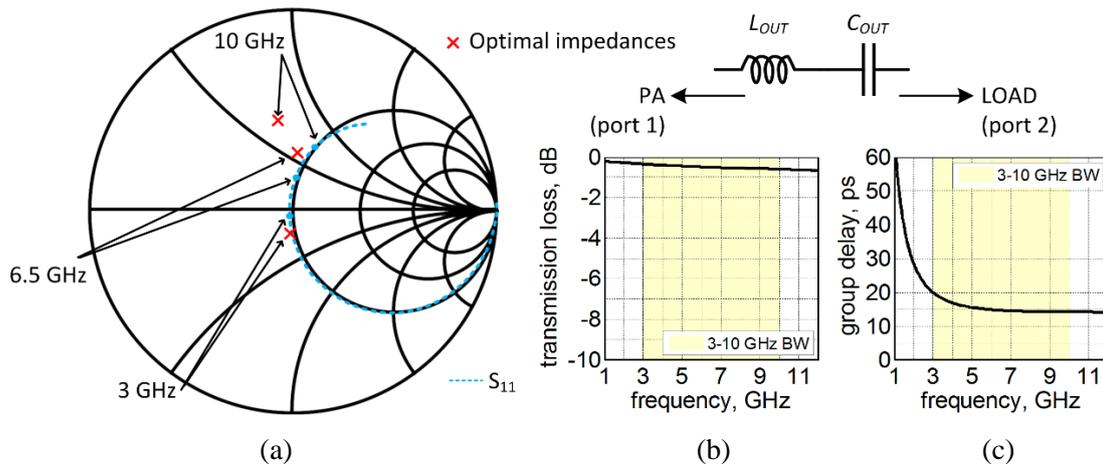


Fig. 72. (a) abaque de Smith illustrant l'impédance ramenée du réseau de sortie avec les impédances optimales en puissance, (b) pertes et (c) temps de groupe du réseau de sortie.

Les paramètres S, le temps de groupe, ainsi que la PAE (power added efficiency) maximum et le point de compression à 1 dB en fonction de la fréquence sont illustrés sur la Fig. 73. Sur la sous bande LAES (3,4 à 4,8 GHz), un temps de groupe de $75,2 \pm 15,05$ ps et un gain de $13,65 \pm 0,25$ dB sont obtenus [87]. Sur la bande de fréquence UWB (3 à 10 GHz), le PA proposé fournit un gain, un point de compression à 1 dB et une PAE de respectivement $12,65 \pm 1,25$ dB, $16 \pm 2,1$ dBm et $20,15 \pm 7,55$ %. A notre connaissance, cet amplificateur large bande offre la plus petite variation de temps de groupe dans la bande de fréquence UWB [88].

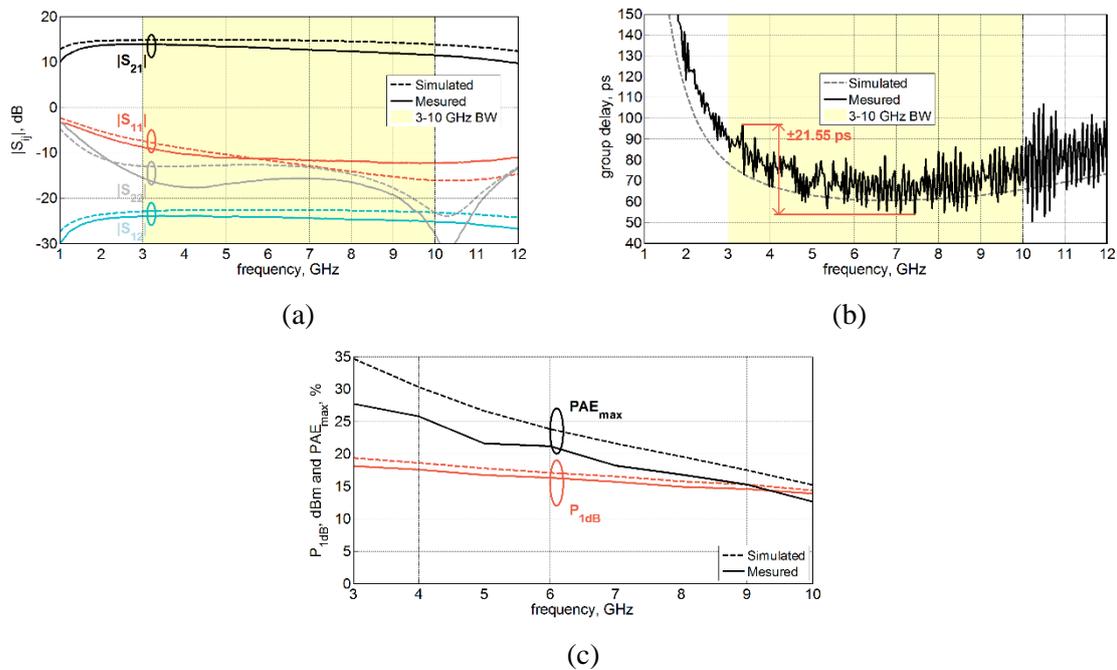


Fig. 73. Comparaison entre les valeurs simulées et mesurées (a) des paramètres S, (b) du temps de groupe, (c) de la PAE maximum et du point de compression à 1 dB.

4.3.2. Amplificateurs et circuits reconfigurables de puissance BiCMOS

Dans le cadre du projet européen EDA (European Defense Agency) PADAWAN, réalisé en collaboration avec Thalès Systèmes Aéroportés, et débuté avant mon arrivée au laboratoire IMS, je suis intervenu dans la caractérisation et modélisation de circuits d'amplification de puissance en technologie BiCMOS. J'ai pris la suite des travaux de post-doctorat de N. Demirel (dirigé par E. Kerhervé), qui avait réalisé la conception d'amplificateurs de puissance BiCMOS large bande (couvrant 4,5 à 18 GHz) et à bande étroite en bande X (8,5 à 10,5 GHz). L'objectif de ce projet a été d'investiguer sur la puissance maximale dans les deux bandes de fréquence ci-dessus qu'il est possible d'atteindre en technologie BiCMOS, afin d'envisager la co-intégration d'amplificateurs de puissance, souvent réalisés en technologie AsGa. La technologie mise en œuvre dans ce projet est la 130 nm BiCMOS (BiCMOS9MW) de STMicroelectronics. Cette partie décrit ce travail ainsi que la démonstration d'un circuit reconfigurable de puissance basé sur les amplificateurs unitaires BiCMOS précédents et réalisé dans l'objectif à terme de proposer une solution d'amplification de puissance reconfigurable intégrée.

4.3.2.1. Amplificateur de puissance BiCMOS large bande (4,5 à 18 GHz)

Le premier objectif de ce projet a consisté à la réalisation et la mesure d'un PA large-bande couvrant 4,5 à 18 GHz avec une puissance de sortie maximale tout en offrant une bonne platitude de gain et une bonne PAE. Le détail de ces travaux est présenté dans [89].

Dans un premier temps, une cellule d'amplification large bande a été étudiée. Sur l'ensemble de la bande de fréquence d'intérêt, cette cellule d'amplification fournit une puissance de saturation (P_{sat}), un point de compression à 1 dB ($P_{1\text{dB}}$) et une PAE respectivement compris entre 12,8 et 15,7 dB, 18,8 et 23,7 dBm, 16,7 et 19,5 dBm et 11,4 à 31,9%. La puissance de saturation et la PAE maximale sont atteintes à 8,5 GHz. Cette cellule élémentaire a été précautionneusement réalisée. Tout d'abord les deux types de transistors disponibles dans le design kit ont été évalués : HS (high speed) et MV (medium voltage). Le transistor HS, offrant un plus fort courant de collecteur pour une tension collecteur-émetteur légèrement plus faible a été choisi. Afin d'augmenter le courant de collecteur en réduisant l'effet d'auto-échauffement, une configuration à doigts multiples est implémentée. À partir de ce transistor, une paire différentielle a été conçue et polarisée par un miroir de courant intégré. Ensuite, des baluns d'entrée et de sortie large bande permettent de réaliser une adaptation d'impédance large bande. Une attention particulière dans leur conception a été apportée. Le schéma de la cellule de puissance est représenté sur la Fig. 74(a). Afin d'augmenter la tension de sortie, une topologie cascode est implémentée. Également, une structure différentielle est mise en œuvre afin d'augmenter la puissance de sortie. Le caractère large bande de cette cellule est obtenu par l'emploi du réseau de contre-réaction constitué de R_f et C_f . Les bandes passantes des baluns de

sortie et d'entrée sont élargies par l'emploi des capacités parallèles C_{in} et C_{out} . Une photographie de la cellule de puissance fabriquée est montrée sur la Fig. 74(b).

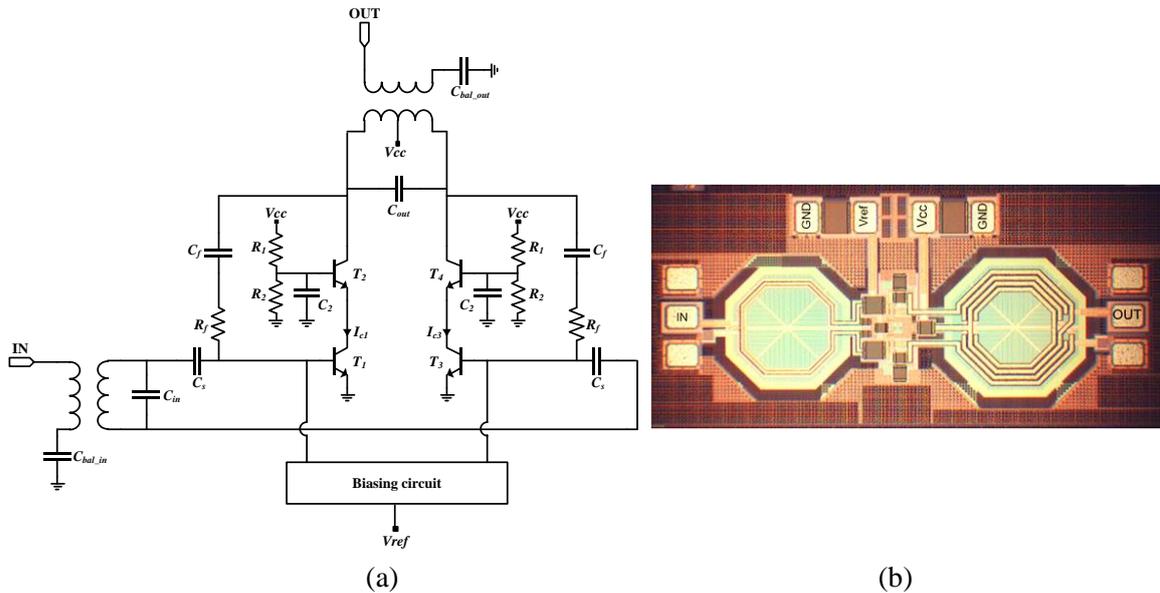


Fig. 74. (a) schéma de la cellule de puissance élémentaire et (b) photographie de la puce fabriquée.

Une très bonne concordance entre les résultats de simulations et de mesures a été obtenue, comme montrée sur les Fig. 75(a) et (b), illustrant respectivement les paramètres S à l'ambiante ainsi que la PAE, la P_{sat} et le gain à 70°C en fonction de la fréquence.

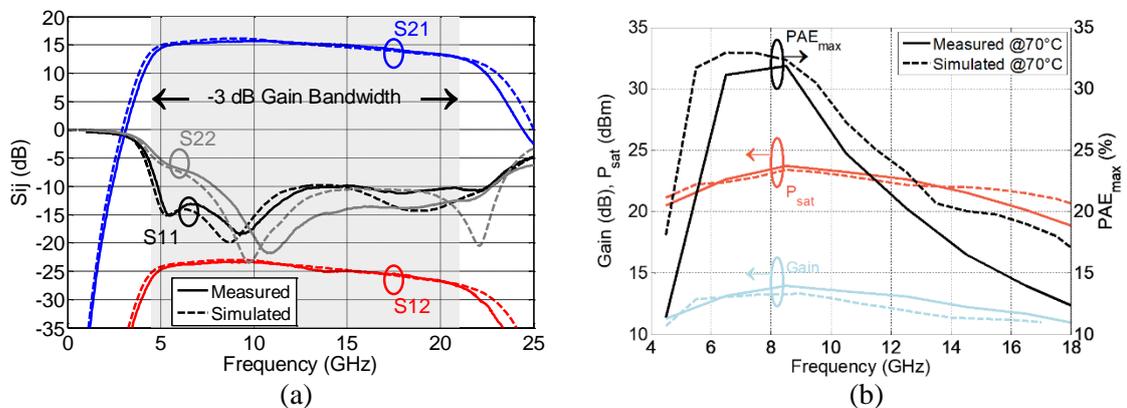


Fig. 75. (a) paramètres S à l'ambiante et (b) PAE, P_{sat} et gain à 70°C en fonction de la fréquence obtenus en simulation et mesure pour la cellule élémentaire de puissance.

Dans un second temps, afin d'augmenter la puissance de sortie, un PA constitué de deux cellules élémentaires combinées a été conçu et caractérisé. Dans la bande de fréquence de 4,5 à 15,5 GHz, un gain de 11 à 16,6 dB, une puissance de saturation de 21,3 à 25,5 dBm, un point de compression à 1 dB de 18,7 à 21,7 dBm et une PAE de 11,9 à 28,7% ont été obtenus en mesure. A 8,5 GHz, une puissance maximale de 25,5 dBm est obtenue. Une PAE maximale de 28,7% est atteinte pour une puissance de sortie de 23,6 dBm à 6,5 GHz. Une photographie de la puce fabriquée

est illustrée sur la Fig. 76(a), Les paramètres S à l'ambiante obtenus en simulation et mesure sont donnés sur la Fig. 76(b). La PAE, la P_{sat} et le gain à 70°C en fonction de la fréquence sont illustrés sur la Fig. 77.

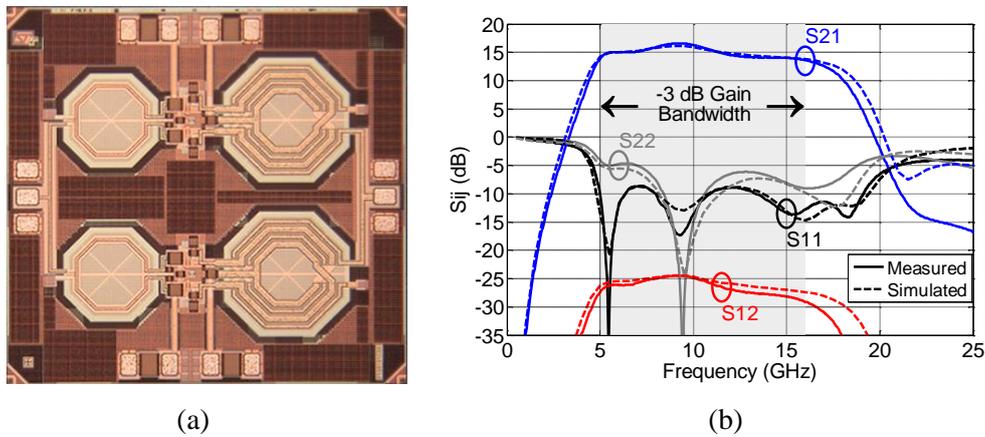


Fig. 76. (a) photographie et (b) paramètres S obtenus en simulation et mesure pour l'amplificateur de puissance large bande.

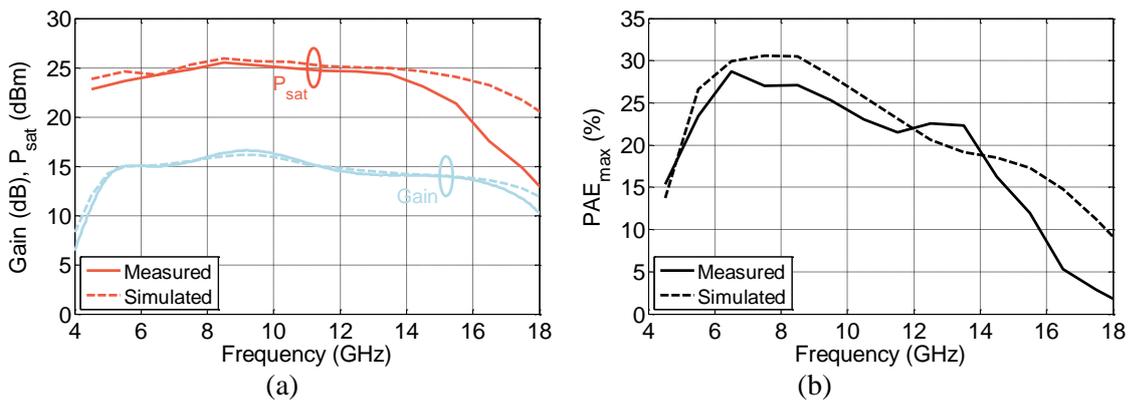


Fig. 77. (a) P_{sat} , gain et (b) PAE en fonction de la fréquence obtenus en simulation et mesure pour l'amplificateur de puissance large bande.

Les deux amplificateurs de puissance proposés offraient des performances au-delà de l'état de l'art des amplificateurs large bande en technologie SiGe en termes de niveau de puissance de sortie et d'efficacité. La mise en boîtier de ces deux puces a été réalisée comme illustrée sur la Fig. 78. Une attention particulière au câblage, à la qualité du report thermique et au boîtier a été apportée. Ce module a ensuite été mis en œuvre dans l'équipe pour de l'instrumentation.

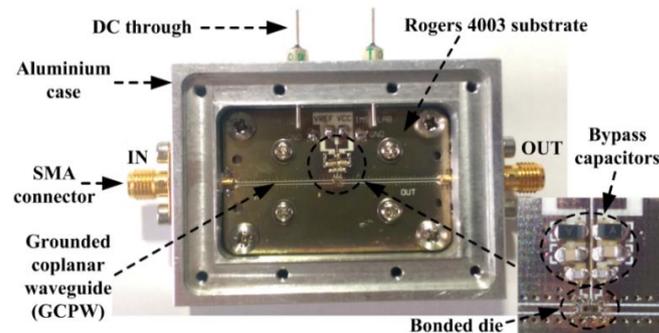


Fig. 78. Cellule élémentaire de puissance reportée et mise en boîtier.

4.3.2.2. Amplificateur de puissance BiCMOS à bande étroite en bande X (8,5 à 10,5 GHz)

Un second amplificateur de puissance a été conçu par N. Demirel (sous la direction d'E. Kerhervé) afin de délivrer une puissance accrue dans la bande X. Le schéma de cet amplificateur est illustré sur la Fig. 79(a). Cet amplificateur réalise la combinaison en puissance de quatre cellules (sans contre-réaction) dont le schéma est également illustré sur la Fig. 79(a). Une photographie du circuit réalisé est montrée sur la Fig. 79(b).

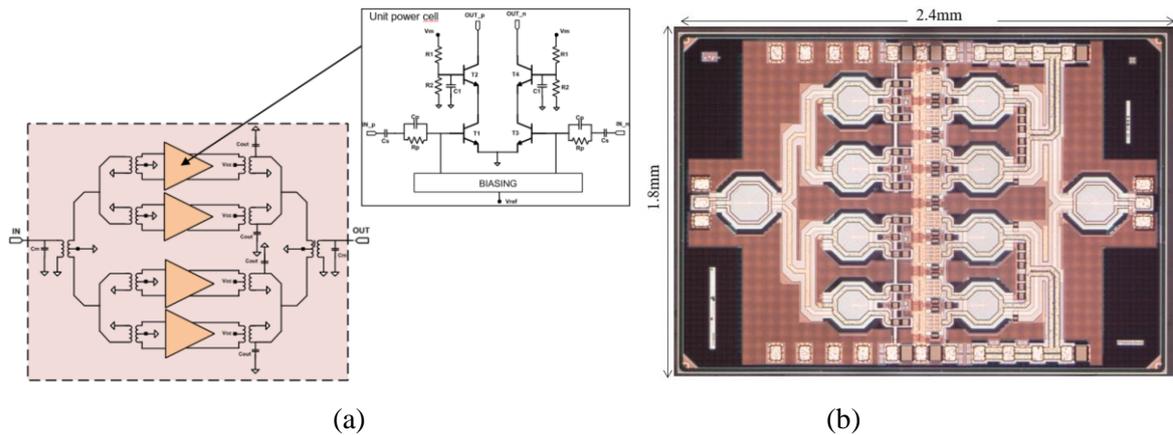


Fig. 79. (a) schéma de l'amplificateur bande étroite en bande X et (b) photographie de la puce.

Cette puce implémentant de très nombreux plots d'alimentation afin de pouvoir tenir le courant nécessaire, et devant dissiper une importante énergie thermique (plus de 6 W), je suis intervenu sur son câblage et report sur une base thermique en collaboration avec Thalès Systèmes Aéroportés. Une photographie de la puce assemblée est illustrée sur la Fig. 80(a). Les résultats de mesure de cette puce à 20°C en signaux continus sont donnés à titre d'exemple sur la Fig. 80(b). Le Tab. 5 résume les résultats de mesure obtenus en fonction de la température. On peut s'apercevoir de la chute des performances (P_{sat} , gain et PAE max) avec l'accroissement de la température. C'est ainsi que nous avons investigué sur les effets de l'amincissement des puces afin de gagner en performance en améliorant le transfert thermique.

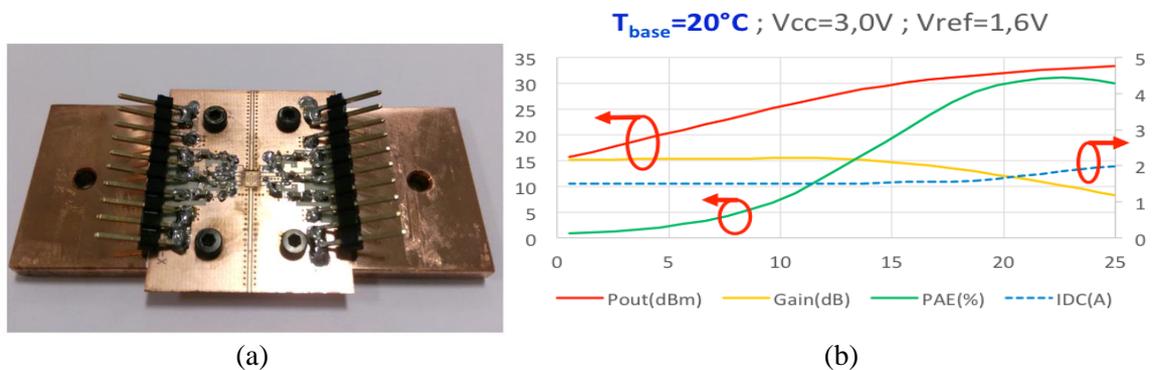


Fig. 80. (a) puce reportée et câblée pour maximiser le transfert thermique et (b) P_{sat} , gain, PAE et courant de drain en fonction de la puissance d'entrée [90].

T_{base} (°C)	-50	-30	-10	0	20	40	60
P_{sat} (dBm)	33,93	33,74	33,55	33,46	33,27	33,07	32,87
Gain (dB)	16,9	16,18	15,83	15,6	15,17	14,63	14,23
Max. PAE (%)	34,8	33,93	32,72	32,15	31,08	29,85	28,80

Tab. 5. P_{sat} , gain et PAE maximum en fonction de la température de la base T_{base} pour $V_{CC} = 3,0V$ et $V_{ref} = 1,6V$ [90].

La Fig. 81(a) présente une mesure profilo-métrique de la puce avant et après amincissement (obtenu à l'aide d'un processus d'abrasion). Un amincissement d'un facteur 0,44 a été réalisé. La Fig. 81(b) présente les paramètres-S mesurés avant et après amincissement à l'ambiante. On peut voir que les paramètres-S varient très peu. Les mesures en larges signaux ont montré qu'une puissance et une PAE respectivement augmentées de 0,36 dB et 0,71% sont obtenues grâce à l'amincissement.

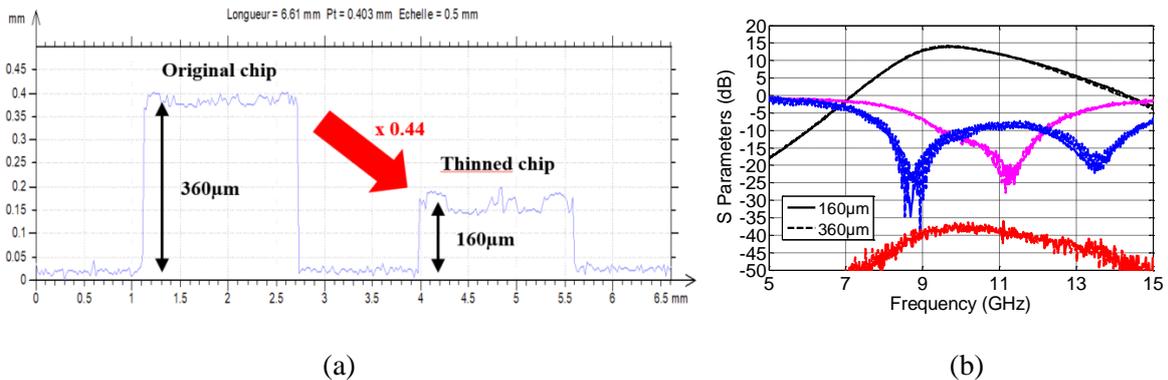


Fig. 81. (a) mesure de l'épaisseur de la puce avant et après amincissement et (b) paramètres-S mesurés des deux puces.

Ces travaux ont été menés sur la base de signaux continus. Il a été démontré en mesure que cette puce pouvait fournir une puissance de 34,9 dBm avec une PAE de 30,4% pour une tension V_{CC} de 3,6 V et une tension V_{ref} de 1,6 V. Des travaux de recherche pourraient être menés en collaboration avec Thalès Systèmes Aéroportés pour investiguer sur l'amplification d'autres types de signaux.

4.3.2.3. Démonstration d'un circuit d'amplification de puissance reconfigurable

L'amplificateur large bande et l'amplificateur à bande étroite ont tous deux été réalisés pour répondre à des spécifications différentes pour les besoins de Thalès Systèmes Aéroportés. Dans l'objectif de réaliser un système reconfigurable, une solution permettant de combiner la puissance de l'amplificateur large bande avec l'amplificateur à bande étroite a été investiguée. Afin de réaliser la preuve de concept et d'évaluer une telle solution, un système sur table a été mis en œuvre. Son schéma est représenté sur la Fig. 82(a). Il implémente différents modules illustrés sur la Fig. 82(b). Ce travail est détaillé dans [91].

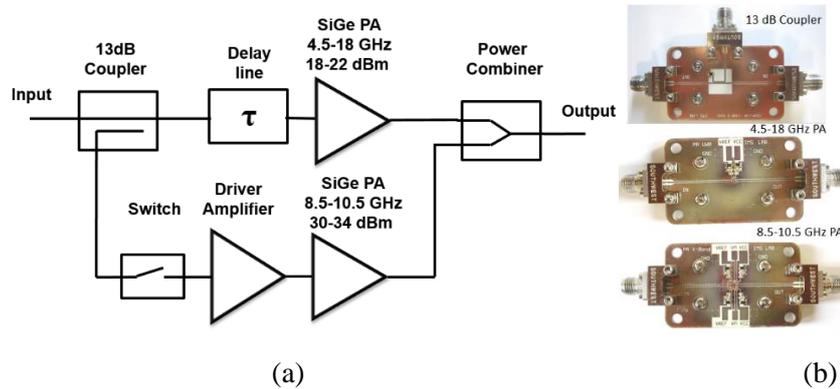


Fig. 82. (a) schéma de démonstration du circuit d'amplification bi-mode et (b) modules mis en œuvre de couplage et d'amplification implémentant les puces BiCMOS.

Les paramètres S simulés de ce système, à partir des mesures de chacun des modules, sont présentés sur la Fig. 83(a). Le gain supplémentaire apporté dans la bande X est mis en évidence. La Fig. 83(b) présente la puissance de sortie mesurée normalisée en fonction de la fréquence. On peut voir sur cette figure un gain de puissance dans la bande X. Les deux dernières figures mettent en lumière la problématique de recombinaison destructive ou constructive qui peut arriver en bord de bande de la bande X. Toutefois, des sous-bandes à droite et à gauche de la bande X peuvent tout à fait être simultanément émises. Ce type de module pourrait être mis en œuvre dans des systèmes combinant des fonctionnalités radar et radio simultanément. L'intégration optimale en combinaison de puissance de ces cellules pourrait faire l'objet de futurs travaux au sein de l'équipe CSH.

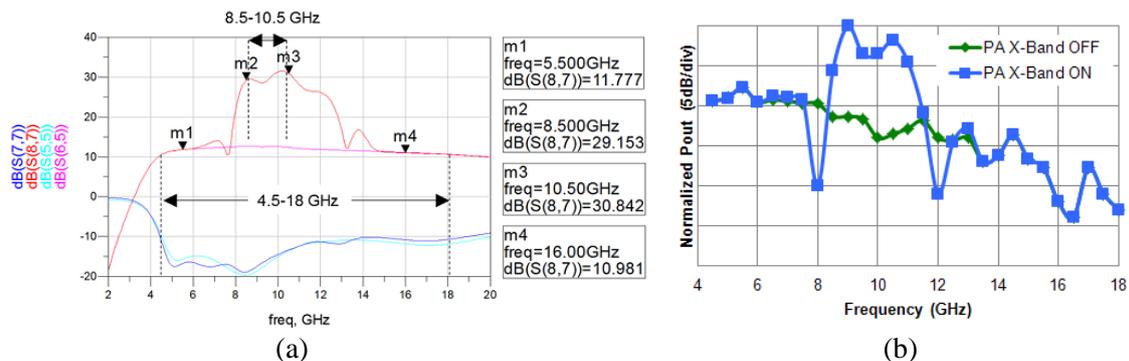


Fig. 83. (a) paramètres S simulés et (b) puissance de sortie mesurée normalisée du circuit d'amplification reconfigurable étudié.

4.3.3. Amplificateurs de puissance millimétriques

Dans le cadre du projet européen MIRANDELA, débuté avant mon arrivé au laboratoire IMS, et réalisé en collaboration avec STMicroelectronics, je suis intervenu dans la caractérisation et modélisation de circuits d'amplification de puissance en technologie CMOS 28 nm de STMicroelectronics. J'ai pris la suite des travaux de post-doctorat de B. Leite, encadré par le Prof. E. Kerhervé. La conception de composants millimétriques basés sur des nœuds technologiques avancés pose de nombreux challenges en raison des faibles tensions de claquage et des faibles coefficients de qualité des passifs [92]-[93]. Les détails de cet amplificateur de puissance sont présentés dans [94]. Il opère dans la bande WiGig à la fréquence centrale de 60 GHz. Son schéma est illustré sur la Fig. 84(a), avec une photographie de la puce sur la Fig. 84(b). Il est constitué de deux étages pseudo-différentiels (basés sur des amplificateurs en mode commun) constitués de transistors montés en topologie source commune. Afin d'augmenter l'isolation et d'obtenir une bonne stabilité, des capacités de neutralisation sont mises en œuvre sur chacun des étages. Des transformateurs sont implémentés. Ils ont l'avantage de réaliser différentes fonctions permettant d'obtenir un circuit extrêmement compact : division et combinaison de puissance, conversion entre mode commun et mode différentiel, protection aux ESD et la polarisation à travers les points milieux. Afin d'optimiser la réjection de mode commun sur la bande de fréquence d'intérêt, des capacités sont ajoutées du côté du mode commun [95]. Les géométries des transformateurs ont été optimisées afin d'obtenir un bon compromis entre adaptation d'impédance, conversion de mode et pertes d'insertion. La Fig. 85 présente une comparaison des résultats de mesure et de simulation qui sont en bonne concordance. Le PA fabriqué offre un point de compression à 1 dB de 12 dBm, un gain de 15.3 dB et une PAE maximum de 20%. Cet amplificateur était un des premiers reportés en CMOS 28 nm. Comparativement à l'état de l'art, il présentait une PAE substantiellement plus grande pour une aire active très compacte de seulement 0,037 mm².

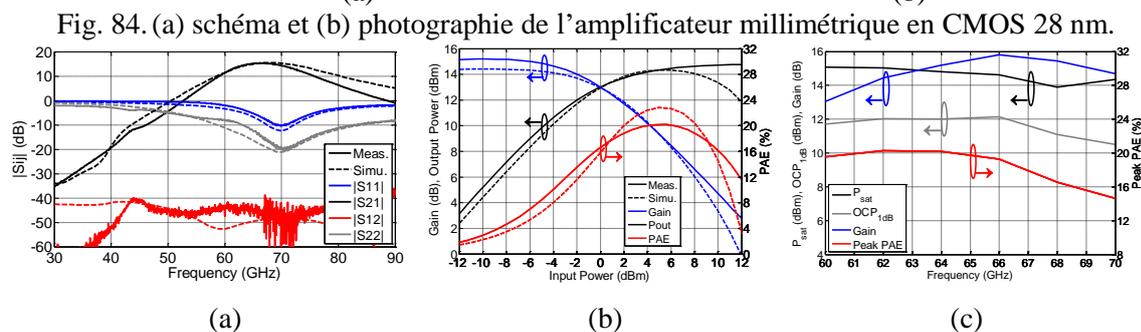
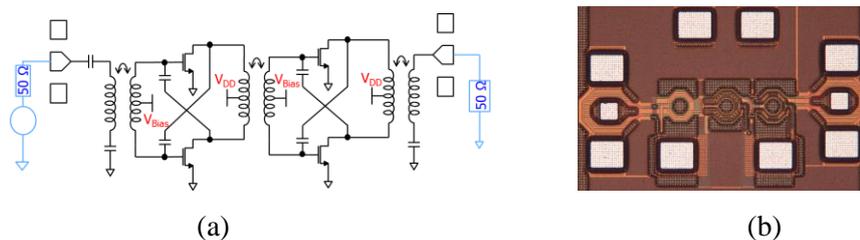


Fig. 85. (a) paramètres S, (b) PAE, gain et puissance de sortie à 64 GHz et (c) PAE maximum, gain et point de compression à 1 dB.

4.4. Driver de modulateur optique pour la photonique sur silicium

Le développement permanent des applications informatiques telles que le stockage de masse, le calcul intensif et les communications large bande encourage l'émergence de nouvelles technologies de communication. D'une part, les communications à travers des interconnexions métalliques approchent de leurs limites intrinsèques en termes d'énergie, surface et coût par bit. D'autre part, la photonique hybride conventionnelle, basée sur des assemblages 2D/3D de composants photoniques en technologies III-V, ne peut pas être complètement intégrée. Le développement de nouvelles architectures photoniques sur silicium est une bonne alternative afin de proposer des systèmes intégrés de communication haut débit.

C'est dans ce contexte que dans le cadre de la thèse de J. Prades [96], inscrite dans les actions du laboratoire commun STMicroelectronics-IMS, nous avons réalisé la conception d'un modulateur électro-optique à très haut débit sur silicium. Après avoir dressé un état de l'art des différents systèmes optiques, afin d'identifier les principaux verrous technologiques limitant leurs performances, et avoir réalisé l'analyse des différents types de modulateurs optiques implémentés sur silicium, nous avons proposé une architecture pour un modulateur Mach-Zehnder (MMZ) dont la structure générale est représentée sur la Fig. 86(a) avec sa fonction de transfert sur la Fig. 86(b).

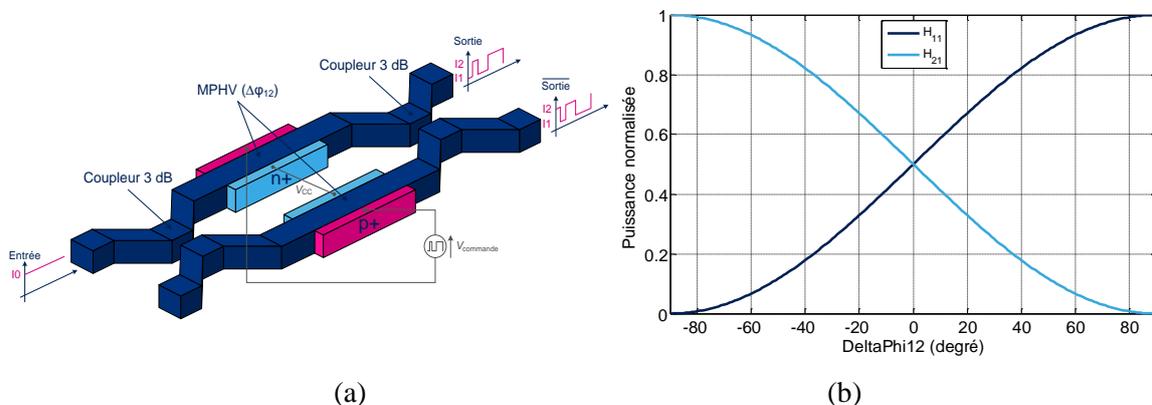


Fig. 86. (a) illustration générale d'un MMZ et (b) de sa fonction de transfert.

Le MMZ réalisé est basé sur la technologie PIC25G de STMicroelectronics. Le driver de ce modulateur a, quant à lui, été conçu avec la technologie 55 nm SiGe BiCMOS de ce même fondeur. Le démonstrateur proposé offre un débit de 100 Gbits/s avec une modulation NRZ sur une unique voie optique, ce qui se trouve être au-delà de l'état de l'art. Une consommation par bit de 80 pJ/bit est obtenue. Les trois sous sections suivantes présentent respectivement l'architecture du MMZ, le driver unitaire de modulateur de phase haute vitesse (MPHV) et le modulateur électro-optique complet.

4.4.1. Architecture du modulateur Mach-Zehnder

Le MMZ étudié s'appuie sur la plateforme hybride photonique PIC25G (« Photonic Integrated Circuit 25 Gbs/s ») développée par STMicroelectronics. Cette technologie offre de nombreux éléments optiques passifs et actifs, incluant des coupleurs à réseau, des coupleurs directionnels, des photodiodes et des MPHVs [97]. Ces derniers éléments actifs sont des composants clefs d'un modulateur électro-optique, permettant la modulation de la phase du faisceau optique. Sur la plateforme PIC25G, les MPHVs sont basés sur la déplétion de porteurs dans une jonction P-N polarisée en inverse. Ils présentent ainsi un caractère capacitif. Afin de minimiser les pertes optiques, un MPHV offrant des pertes d'insertion de 4,2 dB/cm, une bande passante de 50 GHz, une commande nominale de 2,5 V crête à crête et une variation de phase de 10,5 °/mm, a été sélectionné. Afin d'obtenir un déphasage optique minimum de 30°, il est alors nécessaire de cumuler près de 3 mm de MPHV. Il est ainsi impossible de commander un MPHV aussi long, en raison de la plus petite longueur d'onde d'un signal à 100 Gbs/s qui est de l'ordre de 3 mm, et également de la forte valeur capacitive du MPHV, résultant en une grande constante de charge avec la résistance interne R_{out} du driver. C'est pour cette même dernière raison, qu'une structure à ondes progressives n'est également pas retenue. Nous avons donc proposé de mettre en œuvre une structure à réseau de drivers présentée sur la Fig. 87.

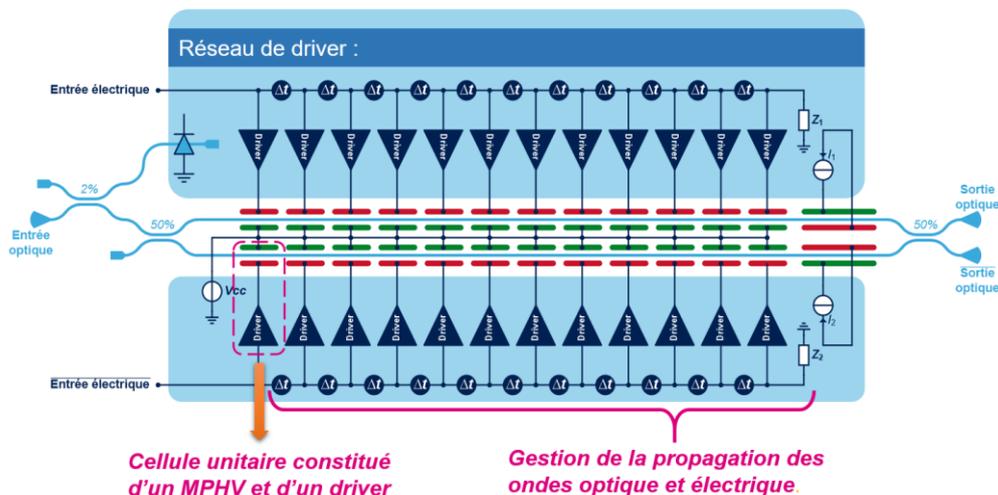


Fig. 87. Illustration de l'architecture Mach-Zehnder 100 Gbit/s à réseau de driver.

Cette structure met en œuvre des lignes de propagation afin de faire coordonner la vitesse de propagation optique avec la commande des MPHVs. Pour résoudre le problème de la constante de temps, les MPHVs sont segmentés afin de pouvoir les considérer comme des éléments localisés et de présenter une petite valeur de capacité équivalente. Les lignes d'entrée permettent d'égaliser les temps de propagation entre les signaux optique et électrique. Les drivers unitaires doivent présenter une impédance d'entrée forte afin de minimiser leur influence sur les lignes d'entrée et une faible impédance de sortie pour minimiser la constante de temps. Afin de résoudre la problématique des vitesses de propagation, tout en obtenant une structure optique compacte, une structure optique en

méandre a été mise en œuvre. Le circuit optique en technologie PIC25G du modulateur réalisé est présenté sur la Fig. 88. Il est constitué de 12 paires de MPHVs de 250 μm de longueur chacun.

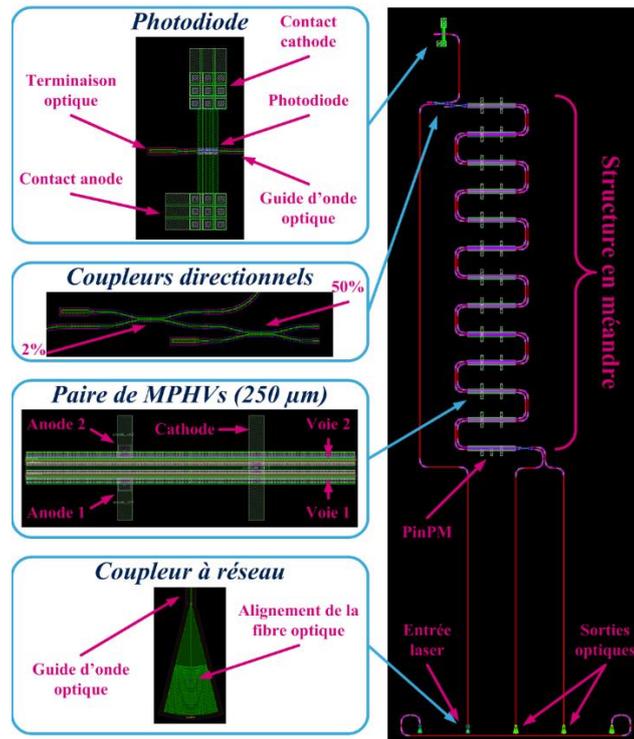


Fig. 88. Circuit optique du MMZ en technologie PIC25G.

Afin d'analyser cette structure pour valider son fonctionnement et de déterminer le temps de propagation électrique t_d entre les drivers unitaires, une simulation temporelle a été mise en œuvre. La Fig. 89 présente la puissance optique de sortie ainsi que les taux d'extinction (ER) en sortie du MMZ en fonction du délai électrique, de la tension de commande et du débit binaire. Cette simulation a permis de déterminer qu'un taux d'extinction visé de 4 dB est atteint pour $t_d = 5,5$ ps avec une alimentation crête à crête des MPHVs de 2,5 V.

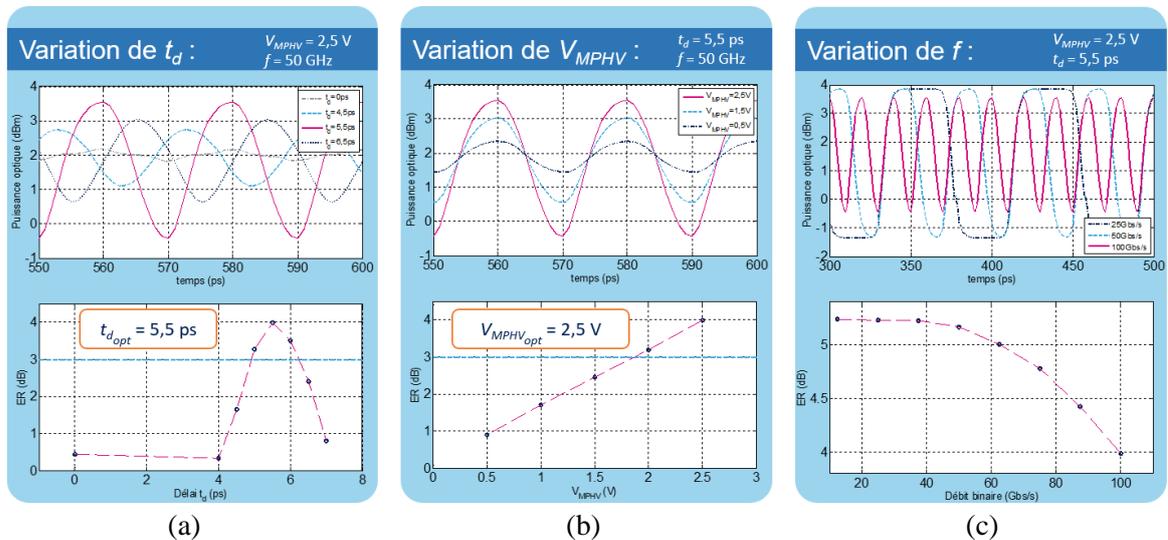


Fig. 89. Puissance optique de sortie et taux d'extinction en sortie du MMZ en fonction (a) du délai électrique, (b) de la tension de commande et (c) du débit binaire, obtenus en simulation.

4.4.2. Conception du driver unitaire pour la commande d'un segment de MPHV

Après avoir défini la topologie du MMZ, nous nous sommes consacrés à la conception d'un driver unitaire permettant la commande d'un segment de MPHV de longueur $L_{MPHV} = 250 \mu\text{m}$ (longueur minimum imposée par le maillage des piliers d'interconnexion). La Fig. 90 schématise la fonction ainsi que le modèle équivalent du MPHV avec son interconnexion. Le driver unitaire réalise la charge et la décharge de la capacité équivalente du MPHV.

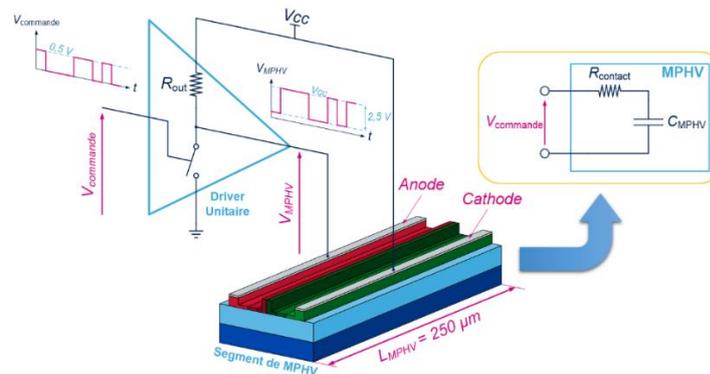


Fig. 90. Cellule élémentaire composée d'un driver unitaire et d'un segment de MPHV.

Une première version du driver a été présentée dans [98]-[100]. Une version améliorée a ensuite été présentée dans [101]. Le schéma du circuit de cette dernière version proposée et la photographie de la puce de test réalisée sont montrés sur la Fig. 91. Afin de commander la capacité équivalente du MPHV, un étage de puissance basé sur des transistors empilés est mis en œuvre. La problématique principale de cet étage est d'optimiser la constante de temps entre la résistance R_{out} et la capacité du MPHV. Cette constante de temps doit être inférieure à 10 ps afin d'atteindre le débit désiré. Pour la diminuer, il est nécessaire de minimiser la résistance R_{out} . Cependant, le courant de sortie I_{out} doit générer à travers la résistance R_{out} une tension de 2,5 V. Afin d'obtenir un fort courant I_{out} de commutation, il est ainsi nécessaire d'implémenter un buffer pour piloter la faible impédance de l'étage driver. Cet étage buffer consiste en deux montages émetteurs suiveurs en série. Il permet de présenter une faible impédance de sortie à l'étage driver et une forte impédance d'entrée. Afin d'obtenir une polarisation stable du montage en fonction de la température et des variations de tension d'alimentation, des miroirs de courant sont implémentés.

Le banc de test, illustré sur la Fig. 92, implémente un générateur de séquence pseudo arbitraire jusqu'à 40 Gbits/s et un oscilloscope temps réel 70 GHz de Tektronix. Il a été mis en place afin de valider ce driver unitaire. Les résultats de mesure et de simulation, prenant en compte les effets du câble reliant le générateur à la puce, et limitant la bande passante, sont présentés sur la Fig. 93. Une bonne concordance entre simulation et mesure est obtenue en prenant en compte en simulation les défauts de ce banc. Ces résultats confortent les résultats de simulations obtenus pour un débit de 100 Gbits/s qui sont illustrés sur la Fig. 94 et qui montrent une parfaite opération du circuit.

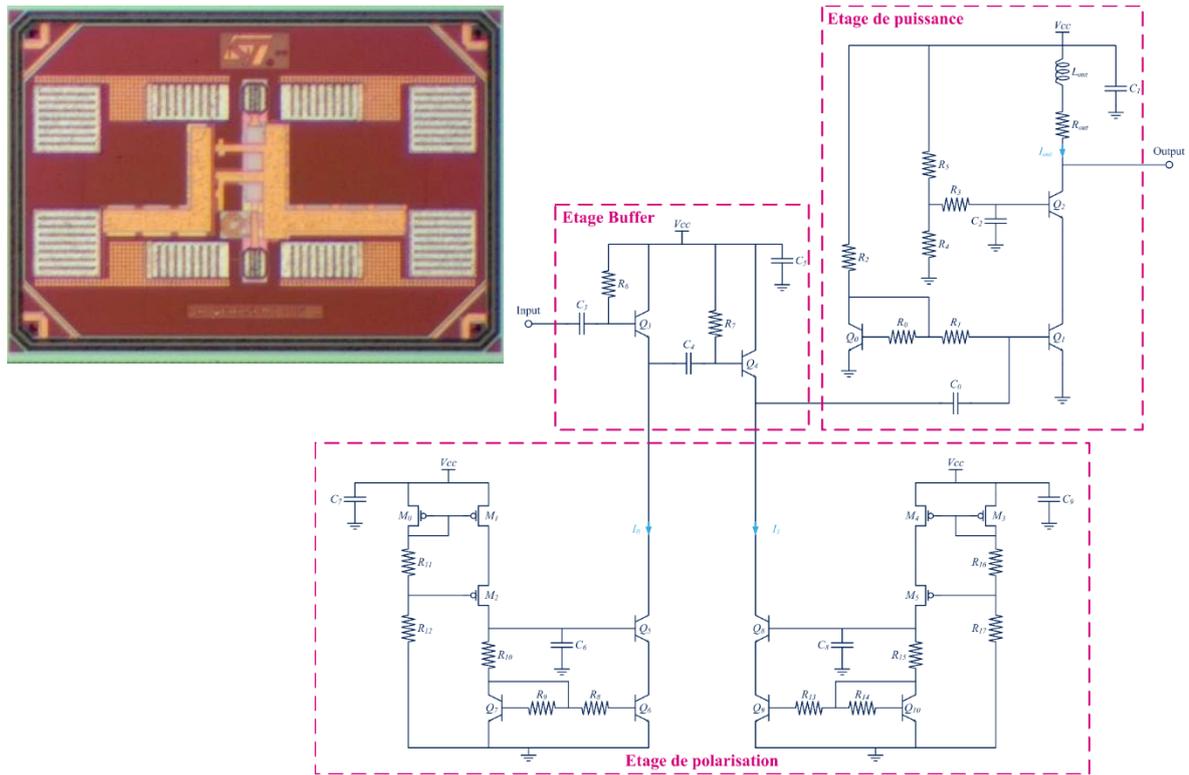


Fig. 91. Schéma électrique du driver unitaire, avec une photo du circuit ayant une surface active de 0,0076 mm² (56 x 135 μm).

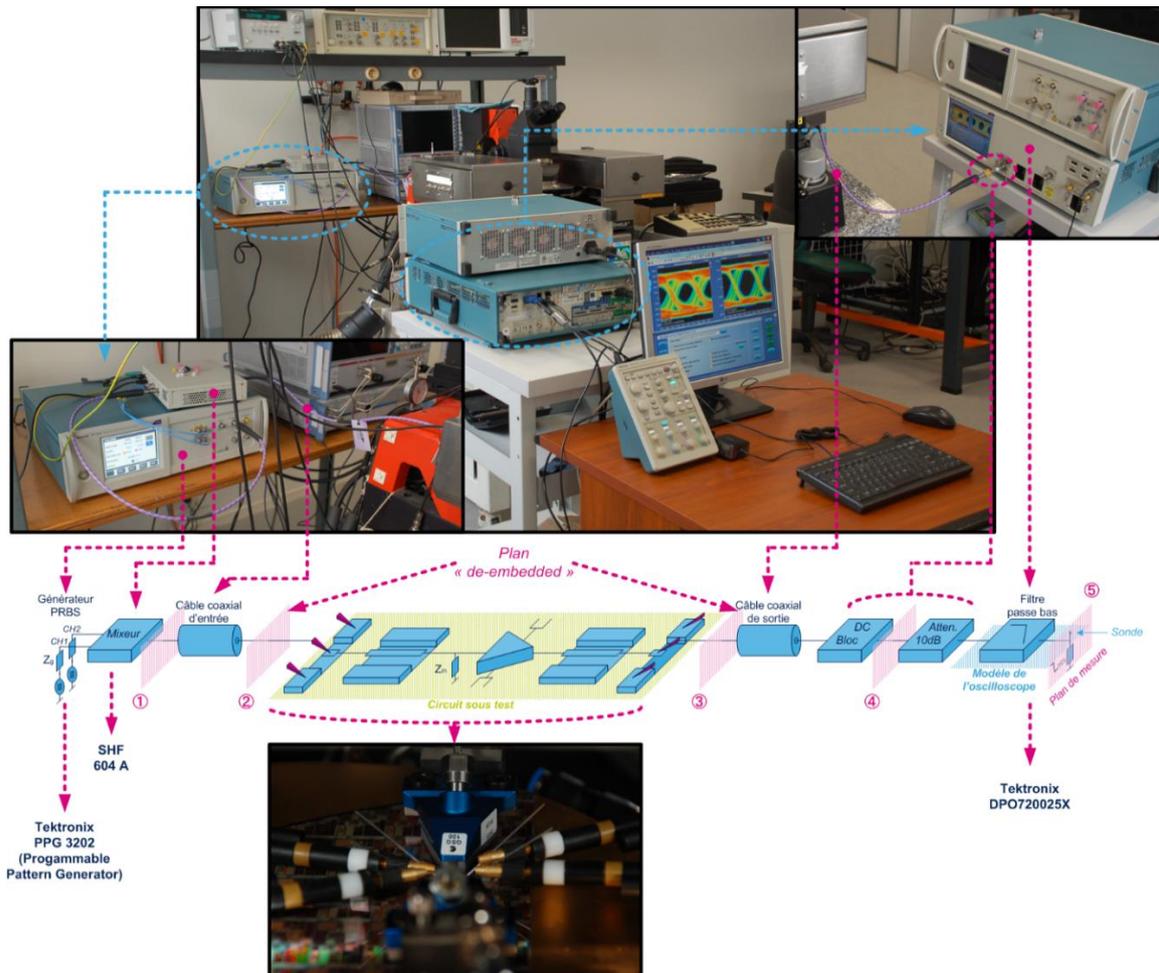


Fig. 92. Banc de mesure temporel : visualisation du diagramme de l'œil en sortie.

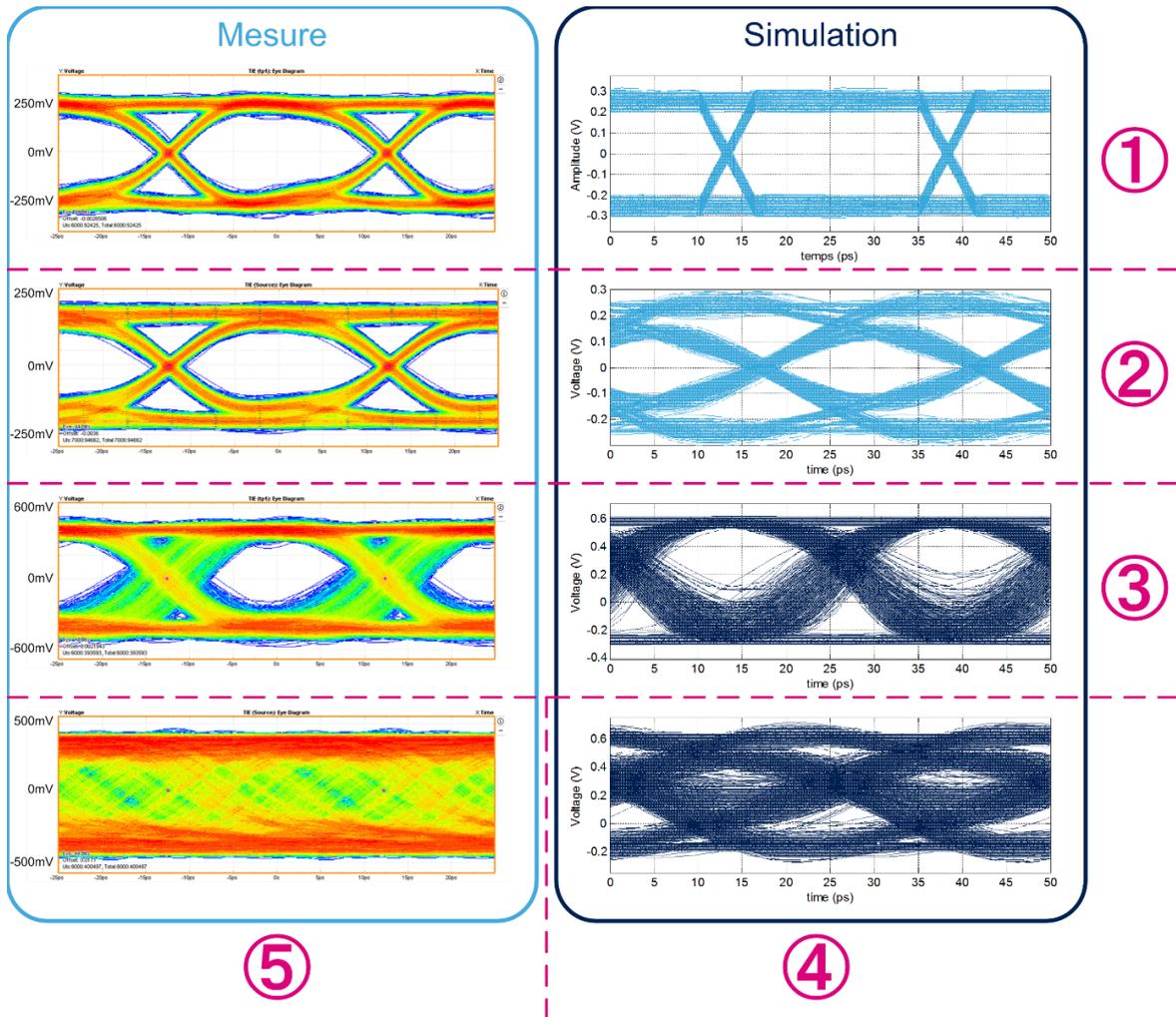


Fig. 93. Résultats de mesure et de simulation obtenus pour une séquence PRBS31 40 Gbits/s.

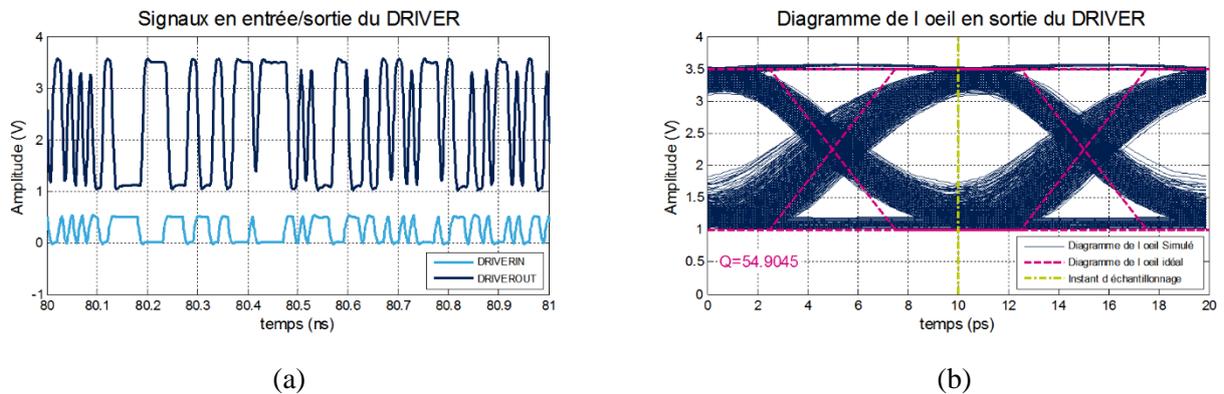


Fig. 94. Résultats de simulation du driver unitaire soumis à un signal PRBS 100 Gbits/s et chargé par une capacité C_{MPHV} (@ 27 °C).

4.4.3. Le système électro-optique

Après avoir validé le bon fonctionnement du driver unitaire, nous nous sommes consacrés à la conception du système électro-optique complet. Ne pouvant piloter à l'aide d'une unique ligne de propagation les douze drivers unitaires nécessaires au système en raison d'une dégradation trop importante du signal le long de la ligne de transmission, la commande de deux blocs de six drivers pilotés par des pré-drivers a été implémentée. A l'aide d'une co-simulation à partir des DK de la technologie BiCMOS 55 nm et PIC25G, et en prenant en compte l'interconnexion des piliers de cuivre, des délais optimaux de 5,5 ps entre les drivers et 33 ps entre les pré-drivers ont été déterminés. Les lignes de propagation sont terminées par des charges adaptées afin d'éviter la génération d'ondes stationnaires qui dégraderaient la réponse des drivers. A titre d'illustration, la Fig. 96 présente la ligne de propagation apportant le signal aux drivers unitaires. Cette ligne différentielle a été simulée à l'aide d'un outil de conception propre à STMicroelectronics, puis son modèle implémenté dans la simulation globale du système.

Cette étude préliminaire a permis de proposer une solution complète de driver électrique pour piloter un modulateur SE-MMZ. Ce driver électrique a une consommation totale de 8 W, afin de pouvoir piloter le modulateur optique avec un débit de 100 Gbits/s. La Fig. 97 présente le layout du système complet. Les puces B55 et PIC25G ont été réalisées. L'assemblage de ces deux puces est actuellement en cours. La puce optique a une dimension totale de 15 mm² imposée par les règles de conception d'assemblage par pilier de cuivre ainsi que par les pointes de test électriques et optiques. Des simulations systèmes ont été réalisées afin d'observer les performances du modulateur électro-optique proposé dans ces travaux de recherche. Ces simulations ont montré que les performances visées étaient atteintes. La Fig. 98 présente le diagramme de l'œil optique simulé attendu en sortie du modulateur proposé pour un signal PRBS de 100 Gbits/s. On peut voir que le diagramme présente une ouverture de l'œil correcte qui laisse présager un bon fonctionnement du système. Un taux d'extinction de 4,3 dB est obtenu. Comparativement à l'état de l'art, ce véhicule de test présente un meilleur débit symbole et détient le taux d'extinction le plus élevé. Ces performances se paient cependant directement sur la consommation par bit qui atteint 80 pJ/bit et qui est également plus importante par rapport à l'état de l'art. Il sera toutefois impossible avec les moyens actuels de réaliser la mesure avec un tel débit de données, les équipements d'instrumentation ne le permettant actuellement pas.

Enfin, une modulation de type PAM 4, avec une conversion digitale vers optique a été proposée en vue d'améliorer la consommation par bit en envisageant un débit pouvant aller jusqu'à 400 Gbits/s. Il serait également possible de réaliser une modulation à 200 Gbits/s en divisant par deux la consommation par bits (40 pJ/bits).

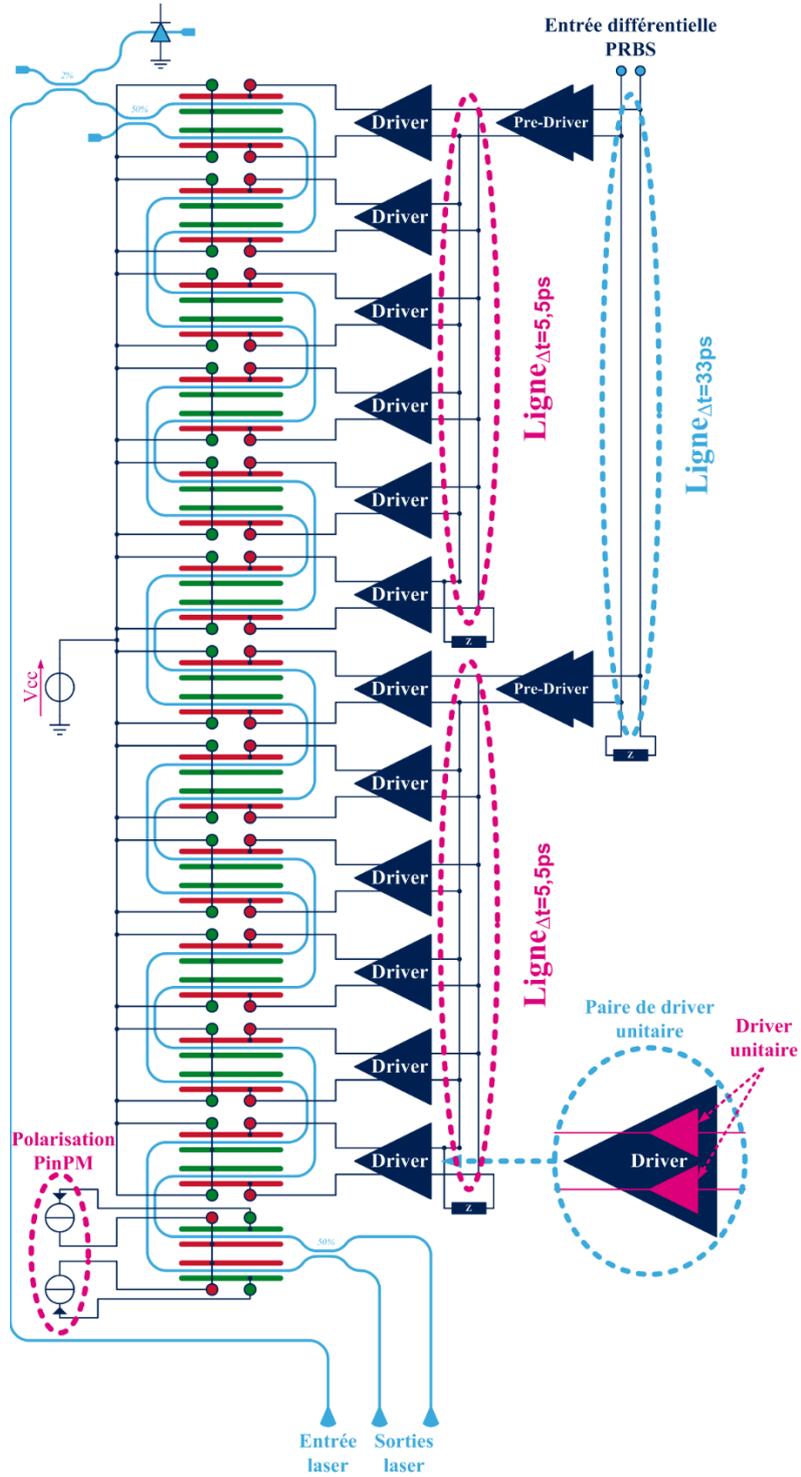


Fig. 95. Schéma global du modulateur électro-optique.

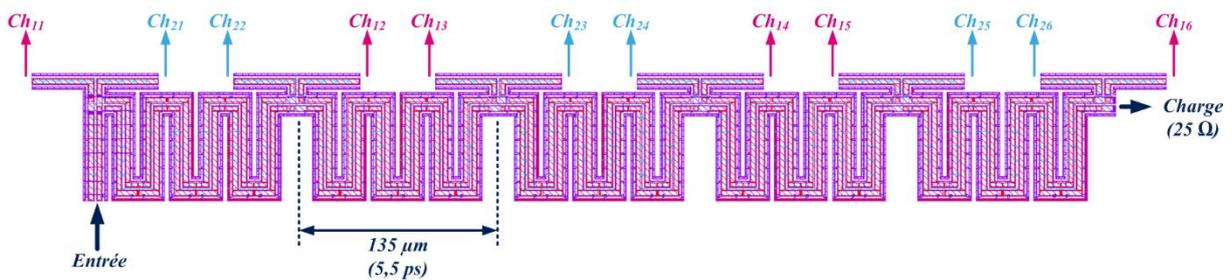


Fig. 96. Géométrie complète de la ligne de propagation $\Delta t = 5,5 ps$.

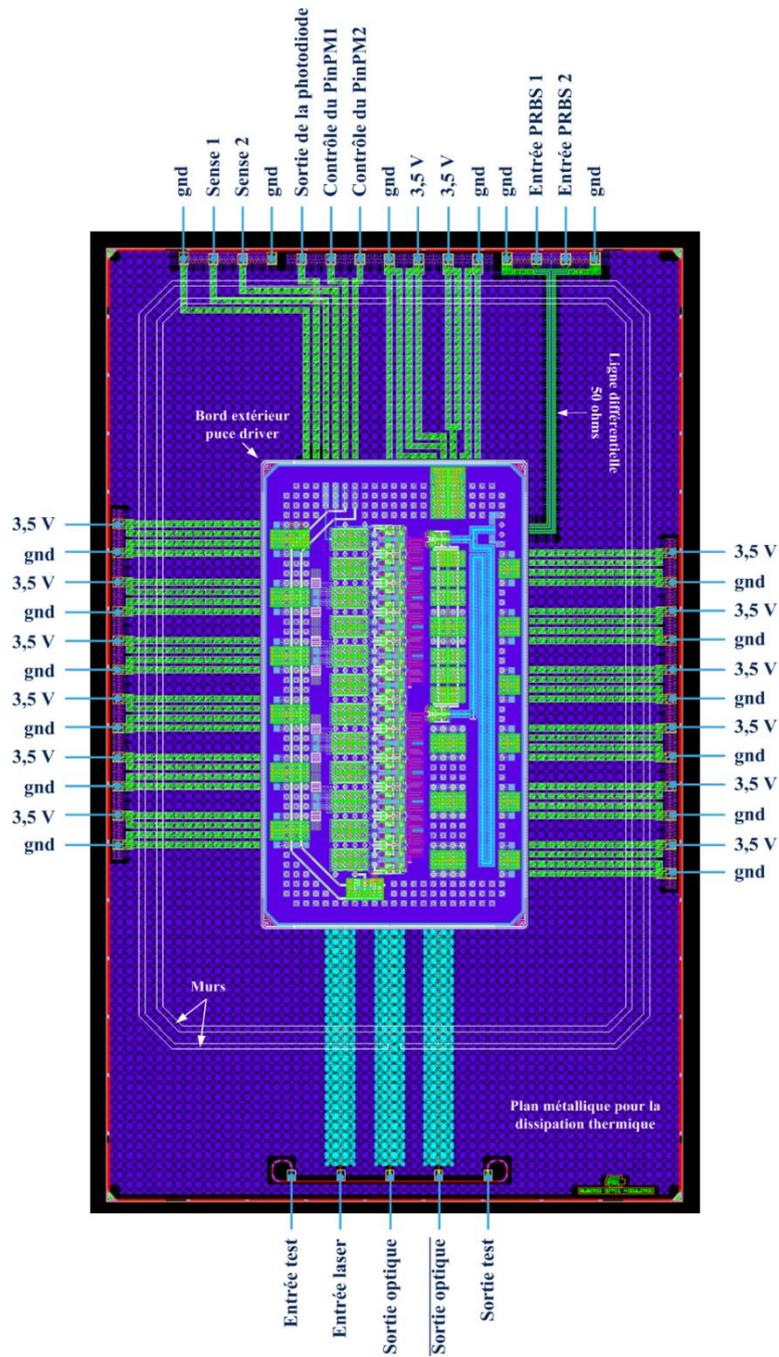


Fig. 97. Illustration du montage de la puce driver (B55) sur la puce modulateur optique (PIC25G).

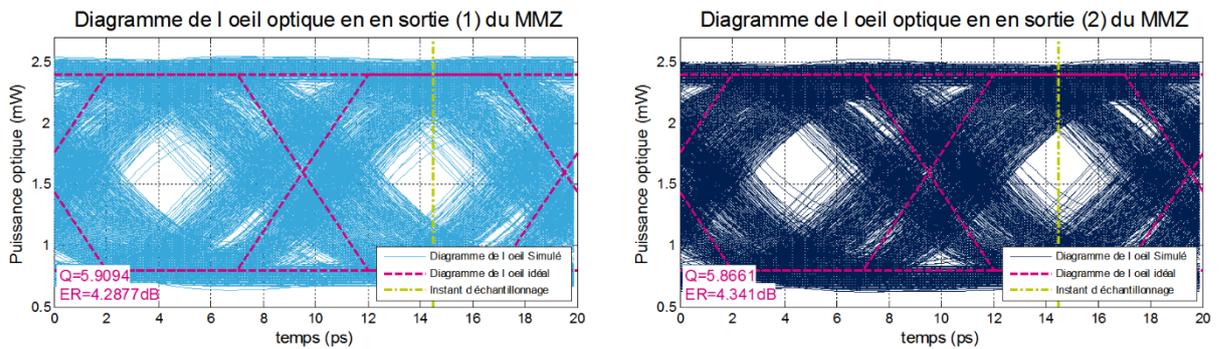


Fig. 98. Diagramme de l'œil optique simulé du modulateur électro-optique soumis à un signal PRBS 100 Gbits/s.

4.5. Instrumentation pour la mesure de circuits actifs

4.5.1. Générateur multiharmonique pour NVNA et LSNA

Les paramètres S sont aujourd'hui largement utilisés par la communauté micro-onde afin de décrire le comportement de fonctions RF linéaires. L'analyseur de réseaux (VNA, pour vector network analyser) a été inventé dans l'objectif de mesurer ces paramètres S. Cependant, l'électronique RF adresse aujourd'hui des modes de fonctionnement non-linéaires afin de bénéficier de performances accrues [102] et d'ouvrir la voie vers des innovations incluant des composants [35] ou des systèmes multiharmoniques [103]-[104]. Ainsi, la communauté est aujourd'hui en demande pour une boîte noire similaire aux paramètres S contenant un modèle non-linéaire, mais aussi d'un instrument permettant de mesurer ces paramètres non-linéaires : analyseur de réseau non linéaire (NVNA, pour nonlinear VNA) ou analyseur de réseaux large signaux (LSNA, pour large network signal analyser). C'est ainsi qu'une partie de la communauté RF se consacre actuellement au développement de ces nouveaux instruments.

Sous l'impulsion du TC-11 (Microwave Measurement Committee) de la société MTT de l'IEEE, deux concours étudiants successifs en 2012 [105] et 2013 [106] ont été organisés dans l'objectif de fournir à la communauté un circuit non-linéaire pour la validation des principes de calibration de ces nouveaux instruments. Un tel circuit doit, à partir d'une fréquence fondamentale sur son entrée, produire en sortie la génération de 4 harmoniques les plus stables possible en phase et en amplitude, et ce quel que soit le niveau de puissance du signal d'entrée et les impédances d'entrée et de sortie. J'ai pu superviser deux étudiants dans le développement de leur circuit. Le schéma du système de calibration proposé en 2013 est représenté sur la Fig. 99. Le prototype, ainsi que les résultats de mesure, sont présentés sur les Fig. 100 et Fig. 101 respectivement.

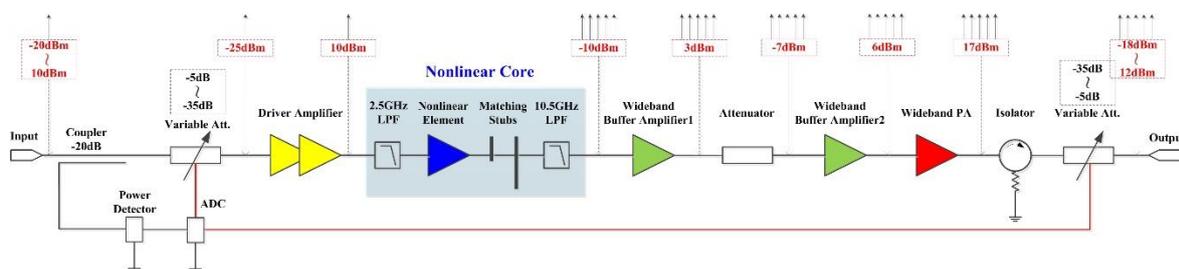


Fig. 99. Schéma du circuit proposé : les flèches au-dessus des indicateurs de puissance indique le contenu harmonique du signal.

Le circuit non-linéaire est basé sur une diode Schottky HSMS8101 d'Avago. Un filtre passe bas d'entrée à 2,5 GHz ainsi qu'un filtre passe bas de sortie à 10,5 GHz permettent de maximiser l'amplitude des harmoniques générées en sortie. Un réseau d'adaptation à la sortie de la diode, permet de contrôler les impédances à la fondamentale et sur les quatre harmoniques afin d'obtenir le niveau de puissance souhaité aux différentes harmoniques en sortie. Un coupleur à l'entrée du circuit permet

de réaliser le contrôle d'un atténuateur variable à l'entrée afin d'attaquer le circuit non linéaire avec un niveau de puissance constant. Un atténuateur variable en sortie est également contrôlé de façon inverse au premier afin de garantir un gain constant quel que soit le niveau du signal d'entrée. Une chaîne d'amplification large bande à la sortie permet d'atteindre les niveaux de signaux souhaités en sortie, en plus d'apporter une isolation au circuit non-linéaire pour éviter la traction de charge. Enfin, un isolateur apporte une isolation supplémentaire garantissant une excellente isolation à la traction de charge.

Suite à ces deux concours, nous avons pu présenter ce circuit lors du forum annuel des utilisateurs de NVNA et échanger avec le NIST (National Institute of Standards and Technology) dans l'objectif de mettre à disposition ce circuit à la communauté.

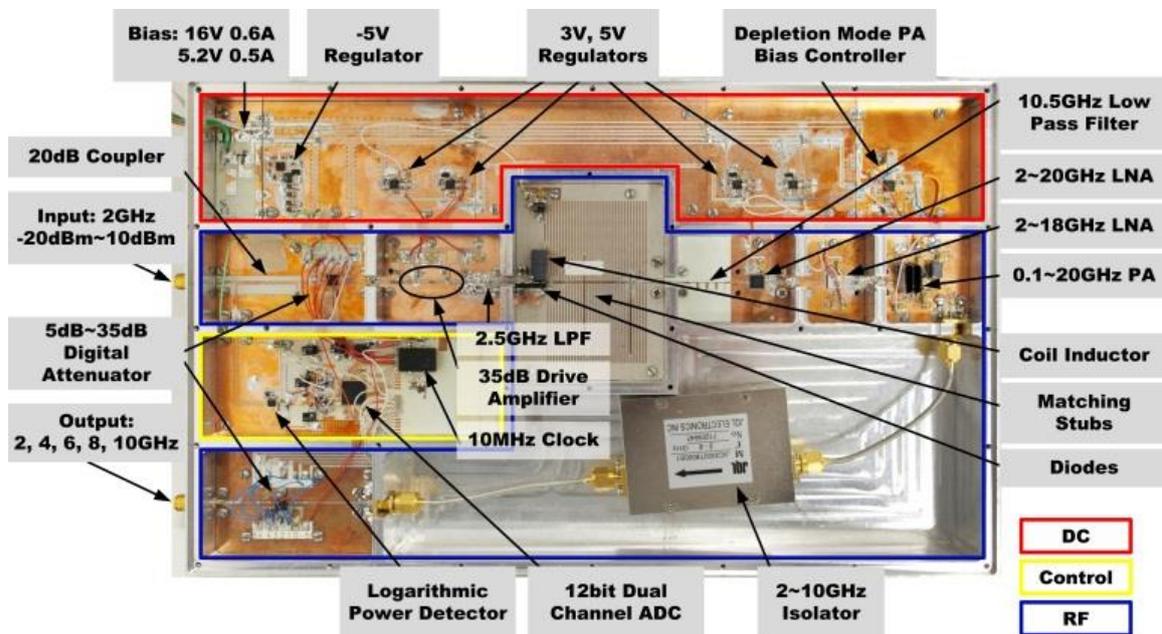


Fig. 100. Prototypé fabriqué du générateur multiharmonique.

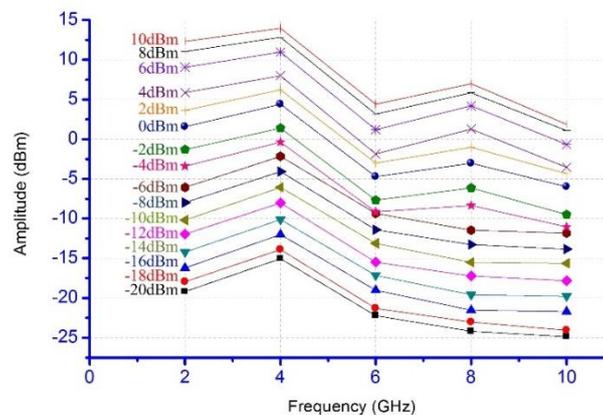


Fig. 101. Spectre de sortie mesuré en fonction de la puissance d'entrée d'un signal à 2 GHz.

4.5.2. Synthétiseur d'impédance à haut VSWR

Les synthétiseurs d'impédances sont des instruments RF mis en œuvre pour la mesure et la caractérisation, en entrée et/ou en sortie, de composants et circuits actifs en fonction des impédances d'entrée et/ou de sortie. Ce type d'instrument est aujourd'hui essentiel pour la conception et l'optimisation de nombreuses fonctions actives, incluant tout particulièrement les amplificateurs de puissance. Notamment, des synthétiseurs d'impédances multiharmoniques sont aujourd'hui commercialement disponibles.

Dans le cadre d'une collaboration avec le groupe Nanoélectroniques (équipes III-V et Model) du laboratoire IMS et la start-up Advtech, j'ai pu contribuer à l'étude et la validation d'un nouveau type de synthétiseur d'impédance permettant, comparativement aux synthétiseurs passifs actuels, de présenter de très fort VSWR. Ce synthétiseur, dont le principe de base illustré sur la Fig. 102(a), a été proposé dans [107]. Pour pallier aux frottements empêchant le déplacement des slugs, A. Curutchet a proposé une amélioration dans [108], consistant en un système mécanique permettant l'ouverture de la ligne coaxiale afin de librement réaliser le déplacement des slugs, comme illustré sur la Fig. 102(b).

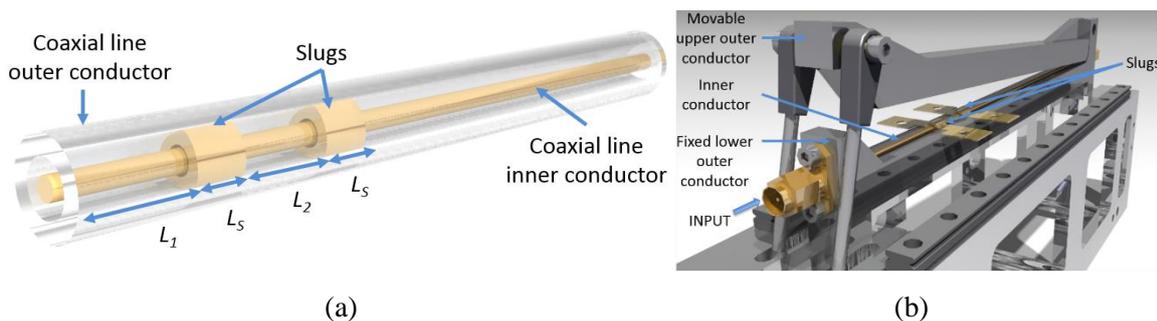


Fig. 102. (a) principe du synthétiseur d'impédance coaxial et (b) système d'ouverture permettant le déplacement des slugs.

À partir du modèle basé sur des lignes de transmission présenté sur la Fig. 103, nous avons étudié ce type de tuner afin de pouvoir optimiser ses performances, ainsi que l'algorithme de synthèse d'impédance. Le détail de cette étude est donné dans [109]-[111]. Les slugs réalisent des sections de longueur L_s de faible impédance caractéristique Z_s comparée à l'impédance caractéristique de la ligne coaxiale Z_0 . En déplaçant les slugs, il est ainsi possible de faire varier la longueur L_1 de la ligne d'entrée ainsi que la longueur inter-slugs L_2 . La Fig. 104 présente les résultats de mesure d'impédances à 10 GHz obtenus en connectant le synthétiseur d'impédance à un VNA. Ces figures montrent qu'il est possible de parcourir quasiment l'ensemble de l'abaque de Smith, excepté son centre, ainsi que son pourtour. Le centre de l'abaque ne peut être atteint en raison du caractère réfléchissant des slugs. Également, le pourtour de l'abaque ne peut être atteint en raison des pertes entre l'entrée du synthétiseur et les slugs. Les mesures ont validé le modèle proposé. Ce dernier a permis

de mettre en exergue les défauts du premier prototype réalisé par Advtech (illustré sur la Fig. 105). Advtech est actuellement en recherche d'un partenaire industriel pour la conception d'un prototype amélioré, bénéficiant des résultats de cette étude. Parmi les pistes d'amélioration figure la synthèse multiharmonique d'impédance, le plaquage en argent des slugs et de la ligne coaxial afin de minimiser les pertes, l'étude de nouvelles géométries de slugs, la minimisation des pertes d'entrée en raccourcissant l'accès à la ligne coaxiale, une nouvelle structure et mécanisation du synthétiseur afin de réduire les coûts de production. Contrairement aux synthétiseurs passifs conventionnels basés sur des plongeurs nécessitant un très faible espacement entre le plongeur et l'âme de la ligne coaxiale, une plus forte tenue en puissance du synthétiseur proposé est attendue. Une validation de cette propriété pourra également faire l'objet d'une étude à venir.

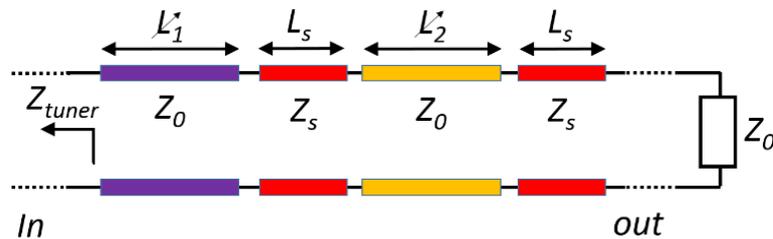


Fig. 103. Modèle équivalent du synthétiseur coaxial basé sur des lignes de propagation.

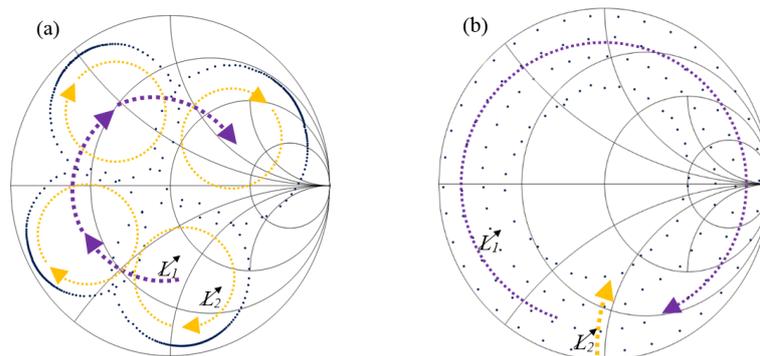


Fig. 104. Impédances synthétisées mesurées à 10 GHz en faisant (a) varier L_2 pour différente position de L_1 et (b) varier L_1 pour différente position de L_2 .

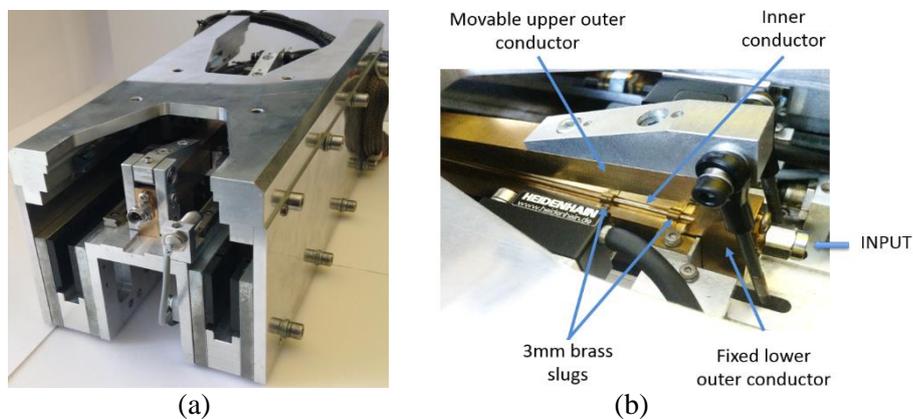


Fig. 105. (a) vue globale du synthétiseur et (b) vue détaillée de la ligne coaxiale ouverte.

4.6. Bilan

Ce chapitre a présenté une synthèse de mes activités de recherche portant sur les circuits actifs intégrés. Après avoir pu mettre en œuvre des circuits actifs dans le cadre de la conception de circuits et systèmes, j'ai pu acquérir de l'expérience dans la fabrication, conception, modélisation, assemblage et mesure de circuits actifs intégrés à travers mes fonctions au centre de recherche Poly-GRAMES et surtout au laboratoire IMS.

Dans cette partie de mon HDR, j'ai tout d'abord succinctement présenté ma contribution au développement d'une technologie AsGA submillimétrique propre au centre de recherche Poly-GRAMES. Ensuite, mes contributions dans des projets de conception d'amplificateurs de puissance en technologie CMOS et BiCMOS et d'un système électro-optique pour la modulation à très haut débit en technologie silicon-photonics ont été présentés. Enfin, une dernière partie a présenté des travaux portant sur l'instrumentation pour la caractérisation des circuits actifs, à savoir, un générateur d'harmonique pour le développement de système de caractérisation non-linéaire et un nouveau type de synthétiseur d'impédances.

Fort de l'expérience capitalisée sur les circuits actifs intégrés, la prochaine section abordera des perspectives de recherche en lien avec cette thématique.

5. Travaux futurs et perspectives de recherche

5.1. Introduction

Les projets de recherche présentés dans ce chapitre capitalisent sur l'expérience acquise dans la réalisation des travaux exposés dans les trois chapitres précédents et sur les compétences de l'IMS (en particulier l'équipe CSH), ainsi que des instituts, des entreprises et des chercheurs avec lesquels j'envisage de collaborer à l'avenir. Une partie de ces travaux est actuellement engagée à travers des thèses et projets de recherche, ce qui permet de présenter quelques résultats préliminaires. À travers ces perspectives, je souhaite adresser les tendances principales du domaine des radiofréquences, à savoir, la recherche de technologies performantes et à fortes capacités d'intégration, tout en veillant à la formation des doctorants, à l'exploitation des résultats à travers des publications, mais également au transfert de technologie dans l'objectif d'offrir à tous, en tout temps et en tout lieu les technologies de demain. Tout au moins, j'espère très modestement apporter une contribution, aussi petite soit-elle, au progrès et aux connaissances.

Ainsi, une première partie des travaux futurs est en lien avec le développement de technologies PCB creuses. Les premiers résultats obtenus dans le cadre de la thèse de F. Parment portant sur le AFSIW ont montré des performances exceptionnelles et suscité un fort intérêt de plusieurs acteurs, dont Cobham Microwave et le CNES. Suite à ces premières investigations, de nombreuses possibilités et innovations tirant parti de la plateforme PCB multicouche ont suscité le dépôt de différents brevets communs. Je présenterai, sans pouvoir toutefois dévoiler l'intégralité des perspectives de cet axe de recherche, les principaux travaux envisagés sur ce sujet.

Une seconde partie traitera de la conception de circuits intégrés radiofréquences. Sur ce sujet également, des travaux ont été engagés avec des partenaires industriels. Pour des raisons de confidentialité, le détail des recherches menées en lien avec certains partenaires ne pourra être détaillé. Ces travaux se concentrent sur des circuits adressant les applications IoT, spatiales, 5G, et également dans la continuité de PADAWAN. La co-intégration de puces submillimétriques avec les technologies PCB creuses est aussi envisagée.

Enfin, une troisième partie se consacre à la réalisation de liens de transmission performant par guides plastiques réalisés par extrusion afin de fournir une technologie performante et bas coût alternative aux technologies sans fil, guides d'ondes conventionnels et fibres optiques. Des applications en domotique, aéronautique et transport sont envisagées. Le développement de circuits intégrés dédiés, ainsi que l'interconnexion entre le guide et les puces par PCB creux sont envisagés.

5.2. Les technologies intégrées au substrat

Dans ce sous-chapitre, les perspectives de recherche sur les technologies PCB creuses sont présentées. Dans un premier temps, les travaux en lien direct avec les précédents travaux sur la technologie AFSIW sont introduits. Puis d'autres topologies de circuits millimétriques en technologies PCB creuses multicouches sont proposées. Enfin, le développement de systèmes complets intégrés au substrat et basés sur ces nouvelles technologies est abordé.

5.2.1. Développement de la technologie AFSIW

Les travaux menés dans le cadre de la thèse de F. Parment, en collaboration avec le laboratoire IMEP-LaHC et le centre de recherche Poly-GRAMES ont permis de démontrer le fort potentiel de la technologie AFSIW : bas coût, haute tenue en puissance et faibles pertes. Les différents travaux menés ont été remarqués par la communauté ainsi que le CNES et Cobham Microwave. Avec ces derniers, j'ai débuté une collaboration sur le développement de cette technologie pour les applications spatiales, et notamment la conception de filtres à travers une action R&T CNES. Il s'agit dans cette action de monter cette technologie en TRL (technology readiness level) en faisant appel à un industriel du domaine des PCBs, et en caractérisant cette technologie dans un environnement aéronautique et spatial. Dans cet objectif, une monture de test permettant la caractérisation en puissance de la technologie AFSIW a été réalisée (Fig. 106(a)) [112]. Un premier résultat de filtre AFISW mesuré à l'aide de cette monture est présenté sur la Fig. 106(b). On peut voir pour ce filtre 4-pôles de bande passante 300 MHz et centré à 21 GHz des pertes de seulement 1,64 dB, correspondant à un facteur de qualité de 650, qui est beaucoup plus élevé que pour toute autre technologie planaire. On peut également se rendre compte d'un décalage en fréquence du filtre réalisé, qui est dû à la fois à des erreurs déterministes (qui n'ont pas encore pu être déterminée en raison du faible nombre de fabrications réalisées) et d'erreurs indéterministes, principalement dues au procédé PCB. Pour pallier à ces défauts de fabrication, nous avons déposé un brevet commun avec Cobham qui consiste en l'implémentation de plongeur capacitif à travers des vias débouchant sur les substrats du dessus et/ou du dessous [113]. D'excellents résultats sur l'implémentation de cette technique ont été obtenus afin de répondre au cahier des charges du domaine du spatial requérant des niveaux de VSWR de -20 dB [114]. Par ailleurs, afin de diminuer les tolérances de fabrication, nous avons imaginé des topologies de filtres implémentés uniquement par via [115].

Grâce aux moyens d'instrumentation de Cobham, nous allons pouvoir réaliser les tests de tenue en puissance moyenne et pulsée, sous vide et à pression ambiante, et en température de structures AFSIW et également SIW. À notre connaissance, seuls des travaux théoriques ont été

reportés jusqu'à présent. Nous pourrions également mettre en œuvre des tests de tenue en puissance Corona et multipactor. Le banc de test Cobham sous vide est illustré sur la Fig. 107.

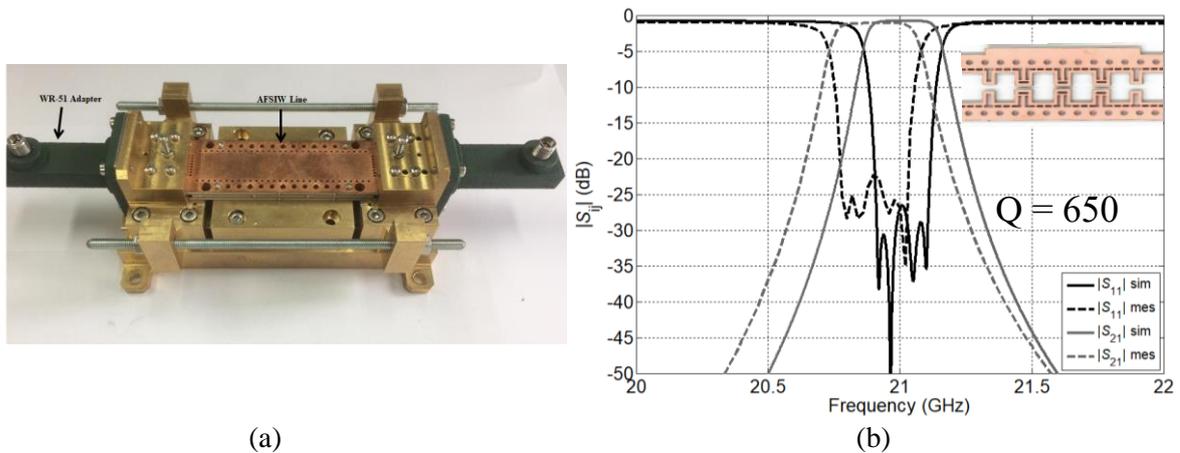


Fig. 106. (a) monture de test implémentant une transition WR vers AFSIW et (b) comparaison entre simulation et mesure d'un filtre AFSIW 4 pôles.

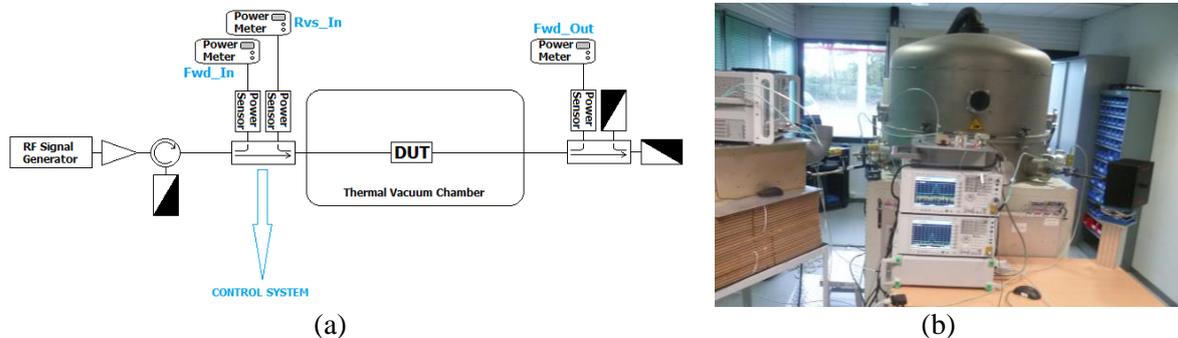


Fig. 107. (a) schéma de caractérisation de la tenue en puissance sous vide et (b) illustration du banc de test de Cobham Microwave.

Il sera intéressant de développer des interconnexions entre le AFSIW et d'autres topologies de ligne de transmission afin de réaliser la co-intégration de plusieurs technologies, et également une interconnexion de guide AFSIW à guide AFSIW [116]. Les technologies ESIW [117] (pour empty substrate integrated waveguide) et DLSIW [118] (pour dielectricless SIW) tout aussi récentes que le AFSIW et proposant également des structures creuses multicouches propageant des modes TE pourraient être comparées et mélangées afin de bénéficier des avantages et de la flexibilité apportée par chacune de ces plateformes.

Au début des développements de cette technologie AFSIW, nous avons vu le verre à moitié vide en considérant l'aspect multicouche de cette technologie comme un désavantage (coût plus élevé et fabrication plus complexe que pour la technologie SIW conventionnelle). Mais au fil des développements, nous nous sommes rendus compte de l'opportunité de l'aspect multicouche, qui par ailleurs est standard dans le domaine de l'électronique. De futurs travaux porteront sur la conception de composants et circuits innovants tirant partie de l'aspect multicouche pour la conception de structures 2,5D.

Un autre aspect qui pourra être traité concerne la conception de structures reconfigurables et accordables basées sur cette technologie. De nombreux développements ont été réalisés à partir de l'implémentation de diodes PIN, MEMS, matériaux ferroélectriques et ferromagnétiques, ou encore micro-actuateurs piézo-électriques pour les structures SIW. Il est évident que de meilleures performances pourront être obtenues avec des structures AFSIW. Encore une fois, des innovations pourraient être apportées en tirant profit de l'aspect multicouche de cette technologie.

Enfin, un dernier aspect qui reste à développer concerne le contrôle des modes de propagation de lignes AFSIW ou de résonances de cavité AFSIW. Un premier travail avec le CNES sur une topologie propagative multimode a fait l'objet d'un brevet [119]. Cette topologie permet de réaliser le contrôle d'un zéro de transmission. Également, un travail collaboratif avec l'Université de Pavia et l'Université de Perugia en Italie a été entamé. Nous avons en effet montré qu'il est possible de contrôler les modes de résonances de structures AFSIW en ajustant les dimensions des barreaux diélectriques sur les côtés de la structure comme illustrée sur la Fig. 108(a). Nous avons développé un modèle à base de lignes de transmission (Fig. 108(b)) qui permet de maîtriser les modes d'une cavité résonante. À partir de ce modèle, il est possible de préconcevoir des cavités offrant des résonances contrôlables afin de bénéficier de structures multirésonantes compactes, notamment pour la conception de filtres. La Fig. 108(c) illustre un exemple de résolution de ce modèle permettant de déterminer la fréquence centrale, la bande de résonance offerte par les deux premiers modes, ainsi que la bande libre de résonance suivant ces deux premières résonances. Ce travail, avec une validation expérimentale et une application pour la conception d'un filtre d'ordre cinq compact, a fait l'objet de deux publications internationales [120]-[121] et fait l'objet d'une publication soumise dans la transaction MTT qui a été acceptée en première relecture avec correction majeure [122]. Il est envisagé de réaliser la démonstration d'autres structures tirant bénéfice du contrôle des modes. Il serait également intéressant d'investiguer sur la reconfigurabilité et accordabilité de ce type de topologie multimode.

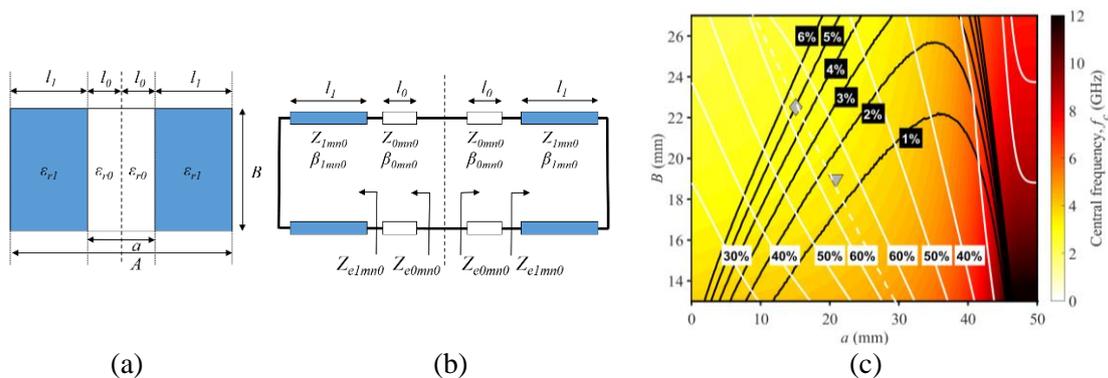


Fig. 108. (a) cavité AFSIW, (b) modèle à base de lignes de transmission, et (c) résolution à partir du modèle de la fréquence centrale de résonance, de la bande inter-résonance en % des deux premiers modes (lignes noires) et de la bande libre de résonance exprimée en % (lignes blanches).

5.2.2. Autres structures PCB creuses et intégration d'actifs

La structure AFSIW (Fig. 109(a)) hérite des propriétés de propagation du guide d'onde. Elle permet de propager les modes TE et présente une structure mono-mode entre la fréquence de coupure du premier et du second mode. Il y a un intérêt pour également disposer de structures propageant des modes TEM avec de bonnes performances pour des applications millimétriques. De récents travaux menés par différentes équipes ont été reportés sur différentes structures TEM creuses réalisées en technologie PCB multicouche. Dans [123] et [124], une nouvelle version de ligne coaxiale rectangulaire, appelée respectivement Rectangular Air-Filled Coaxial Line (RAFCL) et Empty Substrate Integrated Coaxial Line (ESICL), sont proposées. Puis dans [125] et [126], une topologie de ligne stripline creuse est introduite et appelée Rectangular coaxial (Rectacoax) line et Substrate Integrated Suspended Line (SISL) (Fig. 109(b)), respectivement. Afin de bénéficier de ce que peut apporter la combinaison de l'ensemble de ces technologies hautes performances, comme l'illustrent les résultats présentés dans la Fig. 109(c), le développement de transition entre ces différentes technologies est nécessaire [127]. Ces topologies TEM demandent cependant un nombre de couches d'au moins cinq. Toutefois, il serait également possible d'utiliser ce nombre de couches pour réaliser des fonctions innovantes.

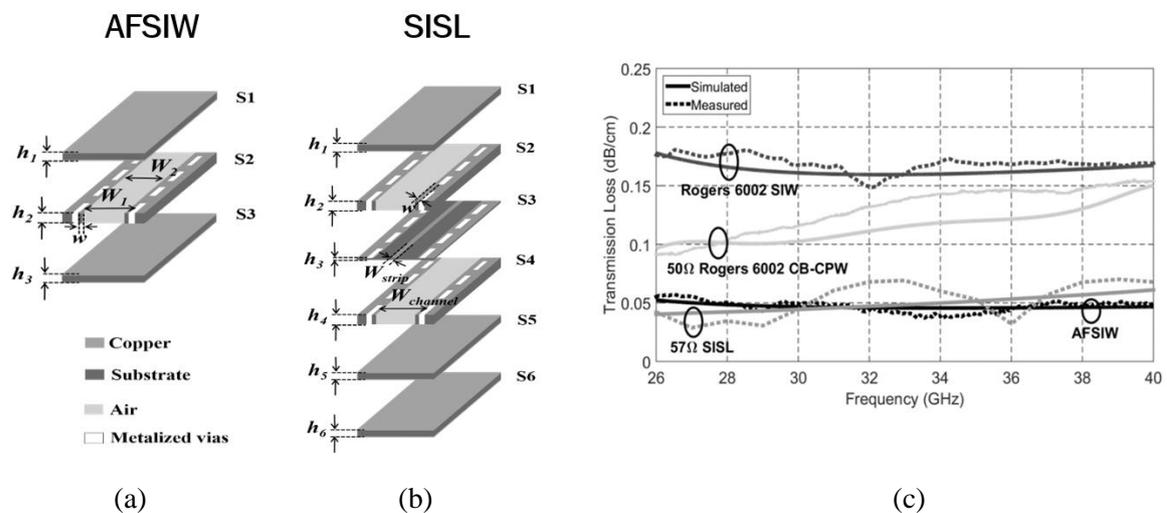


Fig. 109. (a) illustration d'une structure AFSIW, (b) d'une structure SISL et (c) résultat de simulation et de mesure comparant les lignes SIW, CB-CPW, AFSIW et SISL.

L'interconnexion entre des composants actifs et la topologie SISL est réalisable [128]. Il est ainsi possible d'implémenter des fonctions complexes réalisées en technologie intégrée (MMICs) sur une plateforme technologique PCB creux afin de concevoir des circuits et systèmes millimétriques très performants et auto-packagés.

5.2.3. Systèmes millimétriques performants intégrés au substrat

Grâce à ces nouvelles technologies PCB multicouches creuses, pour lesquels de nombreuses fonctions passives ont été démontrées (incluant des antennes), et à l'intégration de composants actifs, il devient concevable de réaliser des systèmes ou sous-systèmes millimétriques performants, compacts, faibles coûts et auto-packagés. De très nombreuses applications à venir sont en demande de ce type de technologie, notamment pour les constellations de satellite, les stations de communications SATCOM (Fig. 110), les radars (Fig. 111), ou encore les systèmes 5G (Fig. 112), pour lesquels nous avons démontré l'intérêt de la technologie AFSIW pour la conception de filtres [129].

J'espère, à travers les partenariats actuels ou à venir, pouvoir réaliser la conception d'un système complet, mettant en pratique le concept des SoS (system on substrat) [130]. Un tel système implémenterait un front-end RF en technologie PCB creux, ainsi qu'une partie base-bande combinant électronique analogique et digitale.

On peut voir tout l'intérêt de cette nouvelle famille de technologie afin de rendre les systèmes millimétriques plus légers, plus compacts, énergétiquement plus efficaces, plus sensibles et plus abordables comparativement aux systèmes illustrés dans les Fig. 110, Fig. 111 et Fig. 112, pour lesquels des technologies radiofréquences conventionnelles sont mises en œuvre.

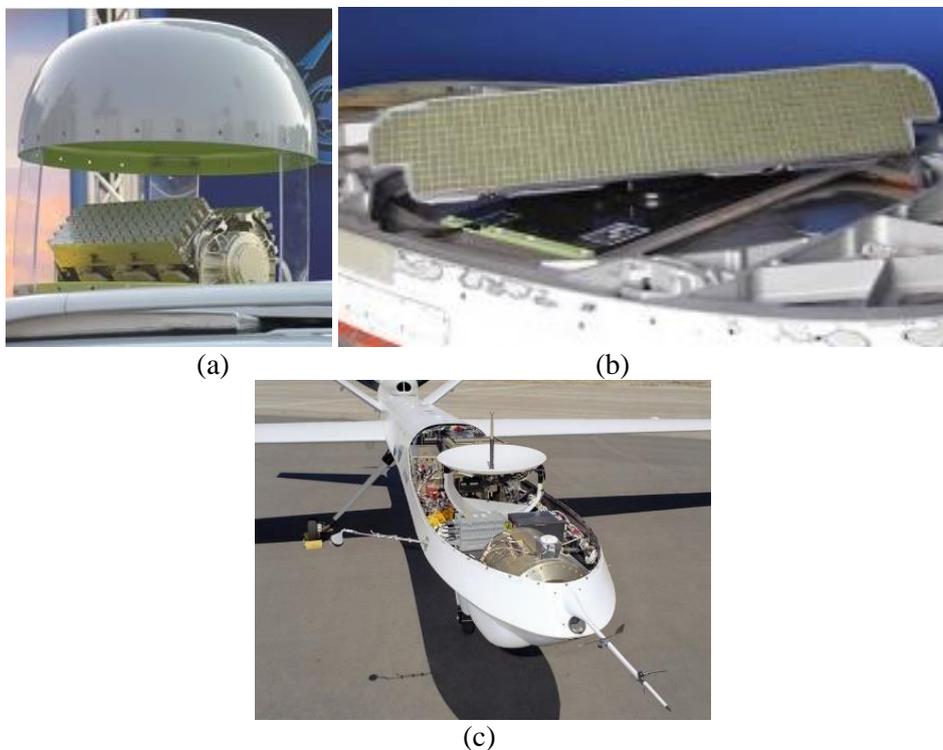


Fig. 110. Exemples de stations SATCOMs pour avions (a) EL/K-1891 en bande Ku et Ka en technologie guide d'ondes d'IAI [131], (b) en bande Ku en technologie PCB (réseaux d'antennes patches) de Panasonic [132] et (c) antenne parabolique d'un drone Reaper [133].

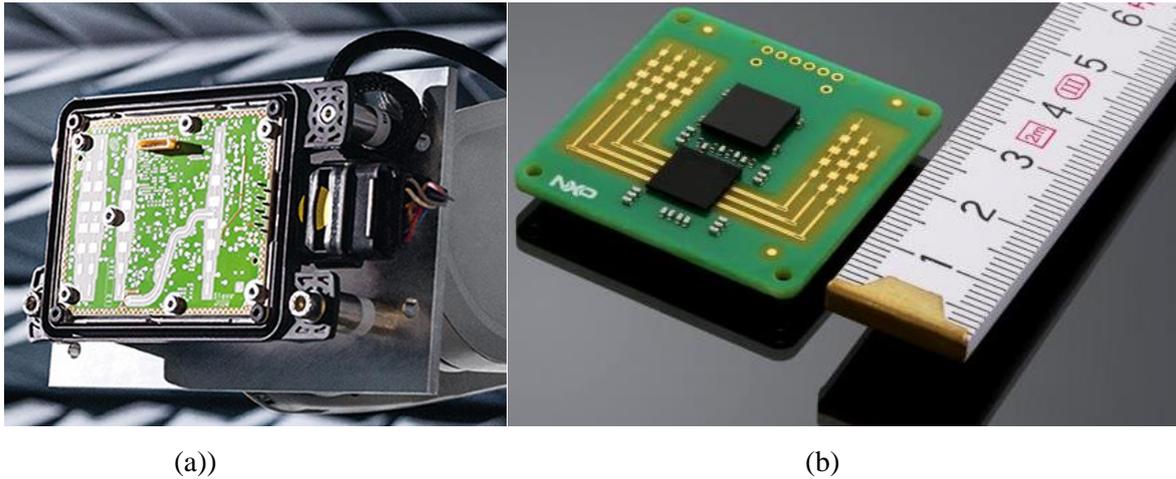


Fig. 111. Exemples de radars automobiles basés sur des antennes patchs à (a) 24 GHz (Fraunhofer) [134] et 77 GHz (NXP) [135].

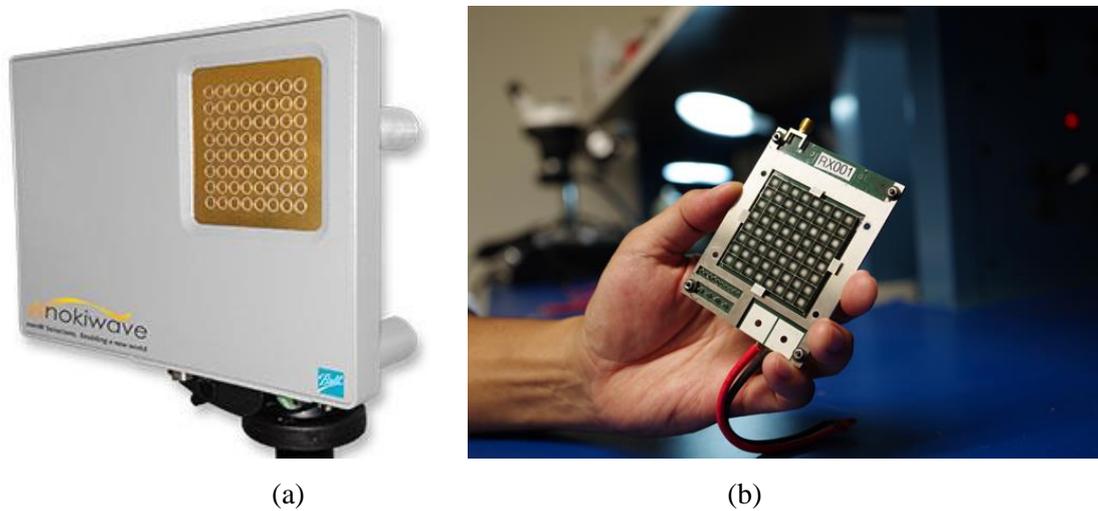


Fig. 112. Exemples d'antennes actives à 28 GHz pour la 5G (a) d'Anokiwave AWMF-0129 [136] et (b) de Movandi [137].

5.3.2. Autres circuits actifs intégrés

Dans le cadre des actuels développements en lien avec la 5G (prochaine génération de réseaux mobile), un très fort intérêt pour des antennes actives fait actuellement l'objet d'importantes investigations. Comme illustré sur la Fig. 114, contrairement aux stations de bases sectorielles du réseau 4G, l'utilisation d'antennes en réseaux directives et contrôlables permettra d'augmenter la qualité des liens et de desservir plus d'utilisateurs. Etant donné le très grand nombre potentiel de stations de bases actives, l'emploi des technologies silicium (CMOS ou BiCMOS) présente un très fort intérêt économique. Avec le Dr. N. Deltimple, nous démarrons des investigations sur la conception de module de contrôle dédié à des antennes actives 5G.



Fig. 114. Illustration de l'évolution technologique entre (a) la 4G et (b) la 5G [140].

Egalement, un très fort intérêt pour les technologies silicium se fait ressentir dans le domaine du spatial, qui se trouve actuellement dans un état de remise en cause en raison de l'émergence des constellations de satellites « low-cost » à durée de vie réduite, telle que OneWeb par exemple. Avec le Dr. N. Deltimple et en collaboration avec Thalès Alenia Space, dans le cadre d'une étude ARTES 5.1 de l'ESA, et avec le support de la région Nouvelle Aquitaine et du CNES, nous démarrons une investigation sur l'intérêt de remplacer une chaîne LCAMP basée sur des MMIC III-V par des MMIC BiCMOS permettant une beaucoup plus forte intégration des fonctions [141]. A titre d'exemple, un VGA récemment développé [142] est illustré sur la Fig. 115.

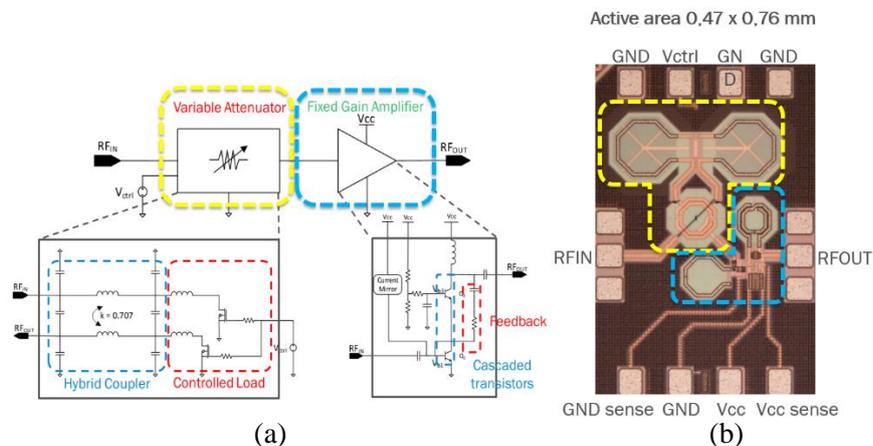


Fig. 115. VGA basé sur un atténuateur analogique et un amplificateur à gain fixe: (a) topologie et (b) circuit fabriqué [142].

5.3.3. Composants, circuits et systèmes multiharmoniques

Dans la conception d'amplificateurs de puissance, un effort considérable est mis en place afin de maximiser l'efficacité (la PAE) ; en effet, les amplificateurs de puissance sont bien souvent les éléments consommant la plus grosse partie de l'énergie dans un système de transmission. Bien souvent, on cherche ainsi à minimiser la génération d'harmoniques, correspondant à de l'énergie perdue. J'envisage ici de prendre le contre-pied, en proposant l'étude d'amplificateurs multiharmoniques, pour lesquels l'énergie totale, à la fondamentale et aux multiples harmoniques d'intérêts (nombre dépendant du système) serait utilisée. La génération efficace de la première harmonique est notamment une des clefs non encore résolue pour la conception d'un oscillateur rebouclé multiharmonique efficace [35]. Des travaux sur ce type d'amplificateur pourraient mener à la création d'une (voir de plusieurs) nouvelle classe d'amplificateur non-linéaire.

Pour aller plus loin, on pourrait imaginer une toute nouvelle famille de transmetteur/récepteur basée sur des systèmes multiharmoniques mettant en œuvre ce type d'amplificateur multiharmonique afin de bénéficier de la diversité spectrale qui peut être apportée dans les systèmes de télécommunication ou radar. L'intérêt de ce type de systèmes multiharmoniques a commencé à être investigué dans la communauté : [143] introduit un tag RFID non-linéaire facilitant la lecture en environnements complexes (Fig. 116(a)) et [144] démontre un système radar multiharmonique (Fig. 116(b)).

La conception de ce type de systèmes multiharmoniques demande la mise en œuvre de composants larges bandes (circulateurs ...) et/ou multibandes (filtres ...). Les structures à modes contrôlés, présentées plus haut, présenteraient un fort intérêt dans le cadre du développement de ces systèmes. Également, le développement de ce type de système demanderait des études en collaboration avec des chercheurs en télécommunication afin d'exploiter la diversité spectrale à partir de modèles de canal dédiés, ainsi que la corrélation entre les harmoniques.

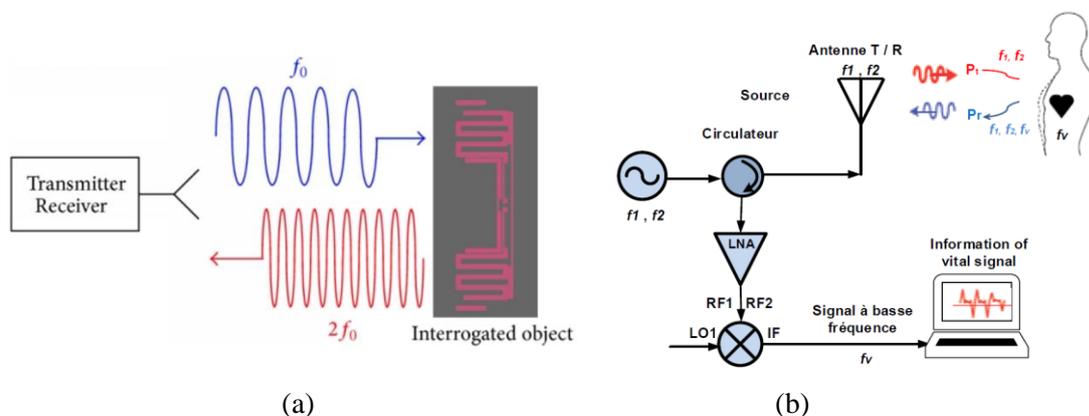


Fig. 116. (a) tag RFID multiharmonique [143] et (b) architecture d'un radar multiharmonique destiné à la mesure de la respiration et du battement de cœur [144].

5.4. Liens par guides d'ondes plastiques millimétriques

Ce dernier sous chapitre se consacre au développement de technologies de transmission par guides d'ondes plastiques aux fréquences millimétriques. Cette thématique de recherche est émergente au sein de l'équipe CSH. Elle s'effectue en collaboration avec STMicroelectronics et le CEA-Leti.

Comme détaillé dans [145], l'utilisation de guides diélectriques pour la propagation d'ondes électromagnétiques a été proposée dès le début des années 1910. Ensuite, de nombreux travaux sur le sujet ont été publiés au courant du 20^{ème} siècle. Au-delà de 30 GHz, ce type de structures diélectriques devient avantageux comparativement aux autres types de structures propagatrices basées sur des matériaux conducteurs, car il n'est pas impacté par les pertes de conduction ainsi que les pertes associées de rugosité de surface [145]. Avec le développement de la microélectronique, il devient aujourd'hui envisageable de concevoir des circuits millimétriques performants et haut débits dédiés à la communication sur ce type canal de communication. Cela a été démontré en 2011 par l'équipe du Prof. A. Hajimiri [146] qui a pu mettre en avant les avantages de cette technologie comparativement aux lignes de transmission conventionnelles, aux liens par fibres optiques, ainsi qu'aux liens de transmission sans fil. Depuis cette première démonstration, le développement de ce type de lien haut débit fait l'objet d'intensifs travaux de recherche, notamment au sein de l'équipe du Prof. P. Reynart de KU Leuven [147]. La Fig. 117 compare les débits de données en fonction de la distance pour l'ensemble des liens haut débit par guide plastique reportés dans la littérature. Des applications dans la domotique, les transports ou encore les centres de données sont pressenties.

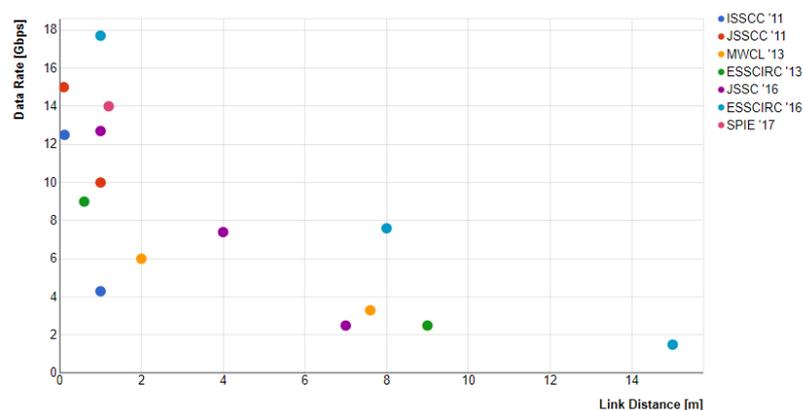


Fig. 117. Comparaison des débits de données en fonction de la distance de liens par guide plastique reportés dans la littérature [148].

Dans un premier temps, je présenterai un travail amorcé sur la conception de guides diélectriques réalisés par extrusion en discutant de la problématique du confinement du champ électromagnétique. Dans un second temps, la conception de transitions et de structures OMT (orthomode transducer) basées sur des lignes de propagation multimodes est introduite. Enfin, la conception de composants et circuits dédiés à cette application est abordée.

5.4.1. Développement de guides d'ondes plastiques millimétriques

Après un premier travail exploratoire sur des structures conventionnelles de guides diélectriques présenté dans [149], nous avons proposé une structure de guide diélectrique en croix, baptisée EzLink et illustrée sur la Fig. 118(a), qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet [150]. Cette structure présente l'avantage de pouvoir propager deux modes correspondant à une distribution horizontale et verticale du champ électrique. Une gaine diélectrique entourant cette structure en croix, permet d'isoler les zones à forte densité de champ électrique de l'environnement extérieur. Ainsi, on obtient une structure pouvant supporter deux canaux (vertical et horizontal) et dont l'insensibilité à l'environnement est accrue comparativement à un guide plastique tubulaire proposé dans [151]. Nous avons pu démontrer expérimentalement cette insensibilité accrue à partir du banc de mesure du diagramme de l'œil présenté sur la Fig. 118(b). Comme on peut le voir sur la Fig. 118(c), le fait de toucher un guide diélectrique tubulaire coupe la transmission. Alors que comme montré sur la Fig. 118(d), le guide EzLink permet de maintenir la communication. Grace à ce banc de test, nous avons également réalisé l'expérimentation d'une communication sur 26 m de câble EzLink (Fig. 118(e)).

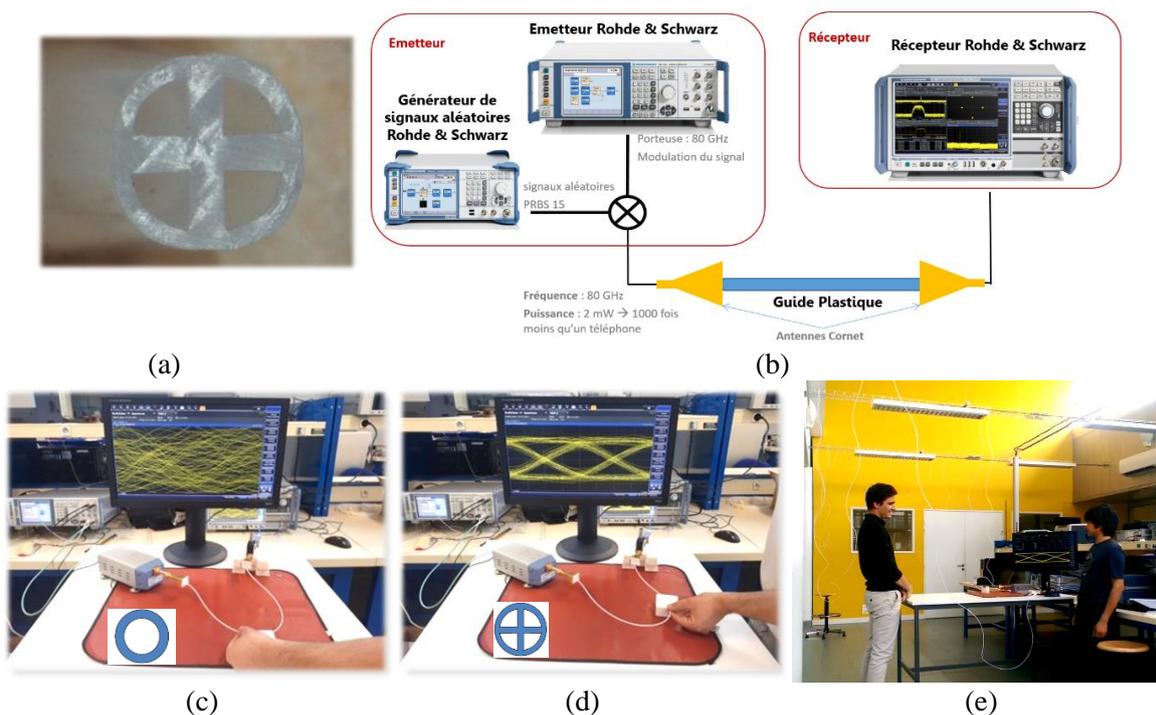


Fig. 118. (a) photo de la section d'EzLink, (b) illustration du banc de mesure du diagramme de l'œil avec le résultat de la sensibilité au touché (b) du guide diélectrique conventionnel et (c) du guide EzLink, ainsi que la démonstration d'un lien de 26 m.

Nous allons pousser les investigations sur ce type de câbles et les différents matériaux pouvant être mis en œuvre incluant notamment le PTFE, le PS, le PP et le PE, en évaluant également des structures souples totalement (ou partiellement) métallisées qui peuvent offrir un blindage pour répondre à une problématique de compatibilité électromagnétique. Il serait également intéressant d'étudier la propagation de polarisations circulaires ainsi que la tenue en puissance de ces structures.

5.4.2. Conception d'interconnexions pour guides d'ondes plastiques

Afin de pouvoir réaliser des liens millimétriques performants par guide plastique, il est essentiel de mettre au point des interconnexions faibles pertes entre des circuits intégrés et le guide plastique. Des travaux ont été menés afin d'interconnecter, par des bondings rayonnants ou des antennes intégrées, des puces CMOS directement à des guides diélectriques [152]. Cependant, les pertes obtenues, qui sont de l'ordre de 10 dB par transition, sont rédhibitoires. Dans l'objectif de bénéficier des moyens efficaces de report sur PCB (ou interposer) de circuits millimétriques CMOS, nous avons réalisé l'étude préliminaire d'une transition large bande à faible variation du temps de groupe d'une ligne microstrip sur PCB à un guide d'ondes [153]-[154]. Cette transition, illustrée sur la Fig. 119, n'admet que $1,95 \pm 0,5$ dB sur la bande 55 à 95 GHz. Elle pourra être mise en œuvre couplée à une transition guide d'ondes métallique à guide diélectrique dans de futur développement. Par ailleurs, une transition SIW à guide plastique présentant des pertes de 3,4 dB a été proposée récemment [152]. Elle est illustrée sur la Fig. 120, avec un transmetteur/récepteur implémentant un coupleur hybride SIW pour isoler la transmission et la réception. Il serait intéressant dans ce contexte d'étudier une transition AFSIW ou SISL vers guide diélectrique afin de bénéficier de pertes encore moindre pour la transition, ainsi que la conception de circuits AFSIW dédiés (coupleurs, filtres...).

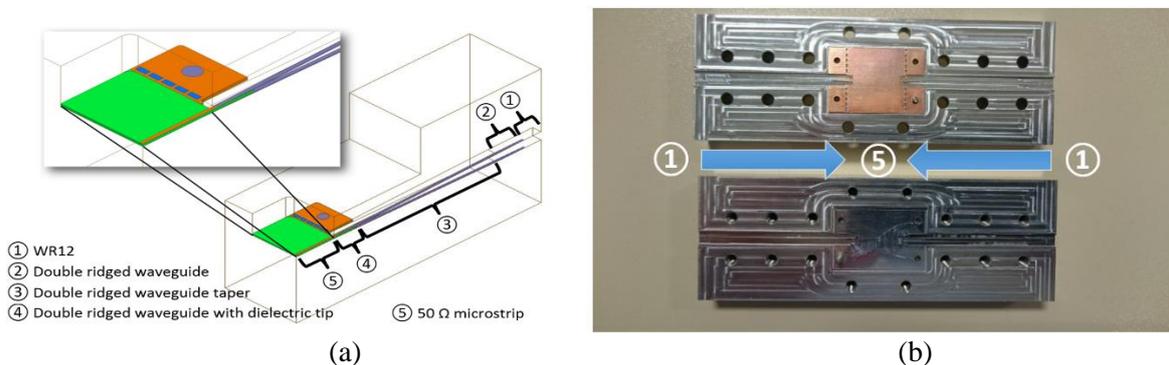


Fig. 119. (a) Illustration de la transition microstrip à guide d'ondes et (b) transition dos à dos réalisée [153].

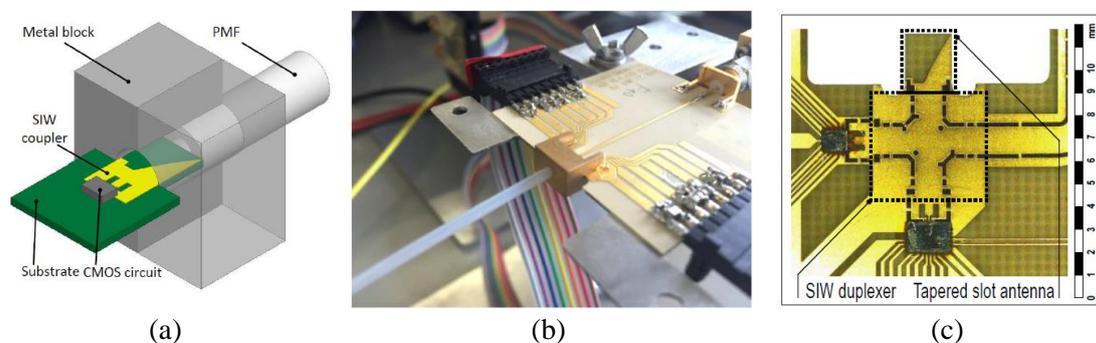


Fig. 120. Transition SIW vers guide plastique : (a) illustration de la transition, (b) prototype et (c) coupleur hybride SIW pour l'isolation Tx/Rx [152].

Également, il serait intéressant d'étudier l'implémentation d'une ligne SIW à double polarisation comme présentée dans [155]-[156], et illustrée sur la Fig. 121. Ce type de ligne permettrait de réaliser l'excitation, à partir d'un OMT, des deux modes orthogonaux du guide diélectrique. L'étude de ce type de ligne et OMT basés sur les technologies PCB creuses présenterait également un grand intérêt. Un OMT permettrait également de venir générer une polarisation circulaire qui pourrait avoir un intérêt dans ce type de structure.

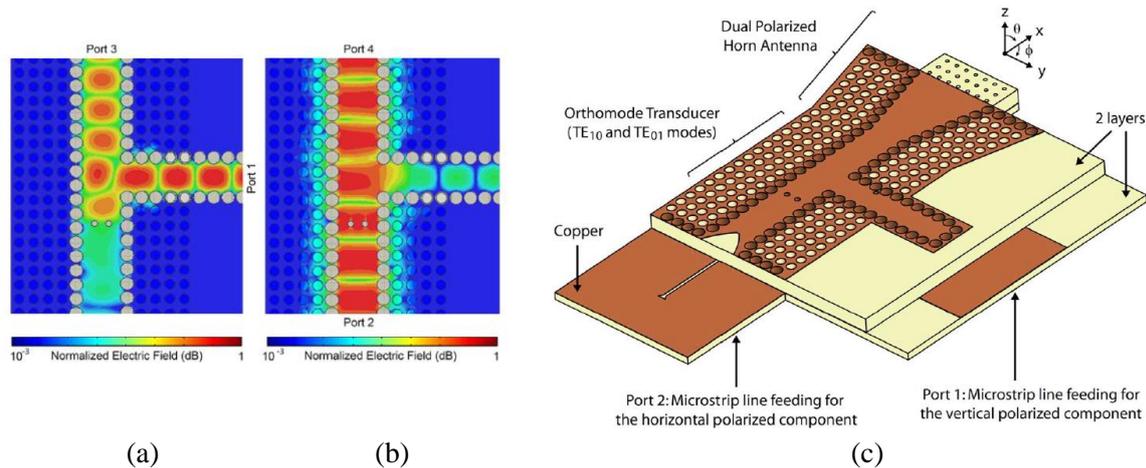


Fig. 121. Distribution du champ électrique des modes (a) TE_{10} et (b) TE_{01} d'un OMT SIW et (c) vue d'une antenne cornet SIW à double polarisation implémentant un OMT et des transitions vers microstrip [156].

Enfin, il serait intéressant d'étudier plus profondément les procédés de fabrication par extrusion afin de bénéficier de tout ce que peut apporter ce processus pour fabriquer des structures de guides plastiques innovantes. Notamment, il est possible de réaliser la co-extrusion de matériaux, l'extrusion de matériaux moussés, ou encore de réaliser des cannelures en sortie d'extrudeuse afin d'apporter des propriétés mécaniques et électromagnétiques particulières.

L'extrusion de ces câbles diélectriques peut également s'accompagner de procédés de sur-moulure par injection pour localement réaliser des fonctions (de filtrage par exemple) ou réaliser des interconnexions en bout de câble.

La métallisation, notamment par jet [157], ainsi que l'insertion de matériaux diélectriques et/ou conducteurs pour la création de résonateurs constituent également des pistes d'investigation pour le développement de cette technologie.

5.4.3. Composants et circuits pour guides plastiques millimétriques

La redécouverte des guides diélectriques, offrant de larges bandes passantes, ouvre des opportunités à l'industrie des semi-conducteurs pour le développement de liens à très haut débit sur courtes et moyennes distances en alternative aux liaisons par fibres optiques et cuivrées. En effet, les applications potentielles représentent de très gros volumes. D'ailleurs, l'appétence des fonderies pour ces marchés prometteurs est attestée par de récents dépôts de brevet sur ce sujet, notamment par TSMC [158]-[159], NXP [160], ou STMicroelectronics [161].

Dans [162], en collaboration avec STMicroelectronics et le CEA-LETI, une transmission de donnée sur EzLink à 12 Gb/s en modulation 64 QAM sur une distance de 4 m a pu être démontrée en utilisant une puce dédiée à de la communication sans fil dans la bande ISM centrée à 60 GHz. Les résultats de mesure, considérant des modulations QPSK, 16 QAM et 64 QAM sur une distance de 4 m à travers EzLink sont résumés sur la Fig. 122(a). La Fig. 122(b) présente le spectre mesuré à l'aide d'un oscilloscope Tektronix DPO77002SX 70 GHz en sortie du guide de 4 m. On peut voir sur ce spectre qu'un très bon SNR (signal to noise ratio) de plus de 20 dB est obtenu. Cette démonstration laisse la porte ouverte au développement de circuits reconfigurable pour application sans fil et sur guide plastique. On retrouve dans la littérature d'autres types de modulation mis en œuvre sur ce type de média, incluant des modulations ASK [146],[151], BPSK [147] et CP-FSK [163]-[164]. Il sera intéressant de faire une étude au niveau système, en prenant en compte les caractéristiques électromagnétiques du lien constitué du guide plastique et des interconnexions, afin de déterminer le type de modulation le plus performant. En raison des très importants débits binaires, il n'est pas envisagé sur ce type de lien d'utiliser des algorithmes sophistiqués de compression/décompression et de type code correcteur d'erreur. En effet, l'impact énergétique, ainsi que les temps de latence sont rédhibitoires.

Le développement de transmetteurs/récepteurs intégrés dédiés à cette application demande des moyens humains et matériels conséquent en plus d'une expertise dans de très nombreux domaines. Nous apporterons notre appui à ces développements sur les parties millimétriques front-end ainsi que sur le guide et ses transitions. Des développements en technologie CMOS 28 nm de composants adressant les bandes de fréquences millimétriques sont en cours [165].

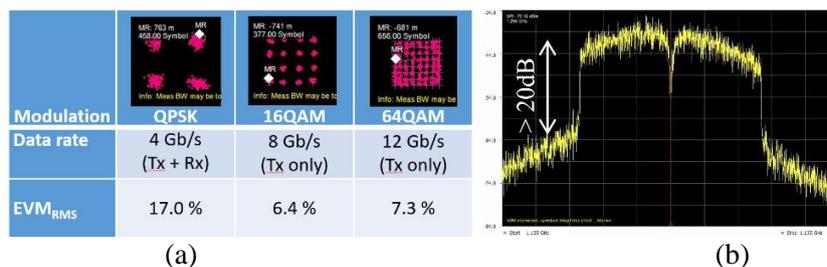


Fig. 122. (a) performances mesurées sur une section EzLink de 4 m pour différentes modulations et (b) spectre mesuré en sortie d'une section EzLink de 4 m en modulation 16 QAM (SNR > 20 dB).

6. Conclusion

Ce manuscrit a présenté une synthèse des activités de recherche menées depuis mon doctorat débuté en octobre 2005, ainsi que les perspectives de recherche envisagées. Les activités de recherche auxquelles j'ai contribué peuvent être classées autour de trois thèmes :

- La RFID : Il s'agit du premier thème auquel j'ai contribué à partir de 2005. Je suis intervenu dans des travaux concernant la conception d'antennes, notamment de tags RFID UHF passifs et UWB, ainsi que dans la conception de systèmes innovants, notamment : intégrant un nouveau type d'oscillateur stabilisé en température ayant fait l'objet d'un brevet ; basé sur un répéteur comprenant un amplificateur de puissance faible bruit (LNPA) ; implémentant la technologie SIW pour une application millimétrique ; constitué d'un second oscillateur innovant dit harmonique ; et enfin, dédié à une application radar en bande X pour l'aide à l'atterrissage ayant également fait l'objet d'un dépôt de brevet. A ce jour, je ne contribue que ponctuellement sur cette thématique, bien que je sois régulièrement sollicité par des collègues ou des industriels, pour des conseils, des expertises ou des projets.

- Les technologies d'intégration au substrat : J'ai commencé ma contribution dans cette thématique en 2009 au sein du groupe de recherche du Prof. K Wu. Ce dernier a proposé cette technologie au début des années 2000 et a eu une contribution majeure sur ce sujet. Je suis intervenu : dans la conception de composants SIW accordables, notamment basés sur de la ferrite ; dans la conception d'éléments tridimensionnels basés sur cette technologie planaire ; la démonstration d'un système d'imagerie passif SIW ; et enfin, sur une nouvelle technologie baptisée AFSIW basée sur des circuits multicouches planaires permettant d'offrir une nouvelle plateforme technologique performante et faible coût, particulièrement intéressante pour les applications millimétriques et notamment dans le domaine du spatial. Suite à une thèse ayant permis de démarrer cette dernière activité, j'ai commencé une collaboration sur ce sujet avec l'entreprise Cobham Microwave et le CNES.

- Les circuits intégrés actifs : Intégrant le laboratoire commun STMicroelectronics-IMS en 2012 à mon arrivé au sein de l'équipe CSH, j'ai contribué dans cette thématique en adressant la conception et caractérisation d'amplificateur de puissance pour des applications UWB, en bandes X et millimétriques et en participant notamment dans un projet de conception d'un synthétiseur d'impédance original dédié à la mesure source- et load-pull. Je suis également intervenu à travers

l'encadrement d'une thèse sur la conception d'un driver de modulateur optique en technologie silicium.

Ces sujets de recherche ont été menés à travers des thèses, des masters recherches et projets de fin d'études qui ont fait l'objet de collaborations industrielles et académiques, à un niveau national, incluant entre autres STMicroelectronics, Thalès Systèmes Aéroportés, Thalès Alenia Space, Cobham Microwave, Abilis, l'IMS, l'IMEP-LaHC, le XLIM, le CEA-LETI, le LCIS, ... et international, incluant entre autres l'Ecole Polytechnique de Montréal (Canada), l'Université de Pavie (Italie), l'Université de Perugia (Italie), KU Leuven (Belgique), l'Université d'Ottawa (Canada), l'UQAM (Canada), l'Université fédérale de Campina Grande (Brésil), le centre de recherche "Multimédia, information, communication et application" (MICA) de l'Université d'Hanoi (Vietnam), ...

En perspective, mes activités vont se concentrer sur les trois thématiques de recherche suivantes :

- Les technologies multicouches creuses intégrées au substrat à fort facteur de qualité pour les applications millimétriques avec un intérêt particulier pour les applications spatiales,
- La conception de circuits intégrés BiCMOS et CMOS pour les applications IoT, 5G, fortes puissances en bande X, et également appliqués au spatial,
- La transmission par guides d'ondes plastiques opérant aux fréquences millimétriques, qui fait le lien entre mon activité de conception de composants, circuits et systèmes et mon activité de conception de circuits intégrés.

Il est évident qu'à long terme, les travaux que je pourrais développer seront tributaires des futures collaborations et des éventuels financements que nous obtiendrons au niveau de l'équipe CSH en réponse à des appels d'offres. Le caractère original de nos travaux, et les nombreuses sollicitations de partenaires industriels, académiques et institutionnels nous laissent penser que nos activités de recherche sont attractives et que malgré les faibles taux actuels de réussite des différents types d'appels, nous pourrions avancer dans la connaissance autour des perspectives décrites ci-dessus et contribuer économiquement à la compétitivité de nos régions à travers nos innovations et la formation de post-doctorants, docteurs et ingénieurs hautement qualifiés.

7. Références

- [1] A. Ghiotto, "Conception d'antennes de tags RFID UHF, application à la réalisation par jet de matière," *Thèse de doctorat de l'Institut Polytechnique de Grenoble*, 26 nov. 2008.
- [2] A. Ghiotto, M. Bourry, and K. Wu, "Cross slot coupled elliptical patch antenna circularly polarized for localization," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, no. 2, pp. 336-339, Feb. 2007.
- [3] A. Ghiotto, T.N.H. Doan, T.P. Vuong, L. Guilloton, G. Fontgalland, and S. Tedjini, "Étude d'une antenne planaire compacte pour lecteurs portables RFID UHF," *OHD2007*, Valence, France, 5-7 Sep. 2007.
- [4] T.N.H. Doan, A. Ghiotto, L. Guilloton, T.P. Vuong, Pham Thi, and Castelli, "Conception et réalisation d'une antenne pour un lecteur RFID-PDA," *OHD2007*, Valence, France, 5-7 Sep. 2007.
- [5] T.P. Vuong, A. Ghiotto, Y. Duroc, and S. Tedjini, "Design and characteristics of a small U-slotted planar antenna for IR-UWB," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, no. 7, pp. 1727-1731, Jul. 2007.
- [6] Y. Duroc, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "UWB antennas: systems with transfer function and impulse response," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 5, pp. 1449-1451, May 2007.
- [7] Y. Duroc, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "Parametric modeling of ultrawideband antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 11, pp. 3103-3105, Nov. 2007.
- [8] Y. Duroc, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "UWB antennas: design and modeling," *Int. Conf. Communications and Electronics*, Vietnam, pp. 316-323, Jun. 2008.
- [9] Y. Duroc, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "On the characterization of UWB antennas," *Wiley, International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 258-269, March 2009.
- [10] J. Prades, A. Marque, A. Ghiotto, and E. Kerhervé, "Antennes VHF monopole repliée et à fente pour fusées expérimentales," *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 octobre 2013.
- [11] A. Ghiotto, J. Prades, A. Marque, L. Thulliez, and S. Destor, "La fusée expérimentale : une plateforme riche, attractive et valorisante pour l'apprentissage des techniques radiofréquences et la conception de systèmes électroniques embarqués," *CETISIS2014 : Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes*, Besançon (France), 27-29 oct. 2014.
- [12] J. Prades, A. Marque, and A. Ghiotto, "Design of RF transceiver for experimental rocket," *Réunion générale du Chapitre IEEE MTT France*, Bordeaux, 17 oct. 2014.
- [13] L. Thulliez and A. Ghiotto, "Design of a 2.45 GHz FMCW radar altimeter for CanSat," *IEEE MTT-S Undergraduate Scholarships Report*, Dec. 2015.
- [14] A. Marque and A. Ghiotto, "Sounding rocket telemetry emitter, MID antenna and ground receiver antennas," *IEEE MTT-S Undergraduate Scholarships Report*, Jun. 2015.

- [15] J. Couvidat, C. Moreno, A. Ghiotto, G. Morizet, and A. Karas, "Système antenne compact pour CanSat comportant un monopole déployable assurant la fonction télémétrie et deux antennes patch pour un RADAR FMCW altimétrique," *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [16] S. Villers, A. Malhage, J. Prades, A. Marque, and A. Ghiotto, "Sondes VHF pour mesure d'antenne en champ proche ; Validation d'une antenne de fusée expérimentale du club étudiant EirSpace," *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [17] J. Prades, A. Ghiotto, E. Kerherve, and K. Wu, "Broadband sounding rocket antenna for dual-band telemetric and payload data transmission," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 540-543, Mar. 2016.
- [18] J. Prades, A. Ghiotto, E. Kerherve, and K. Wu, "A dual-band antenna for a sounding rocket," *CST – Computer Simulation Technology Application Note*, May. 2016.
- [19] G. Ferre, R. Tajan, and A. Ghiotto, "Simulation d'un émetteur / récepteur ADS-B et décodage temps réel à l'aide : de Matlab, d'une radio logicielle et d'une antenne patch," *J3eA, Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes*, vol. 15, 15 juin 2016.
- [20] R. Bouché and A. Ghiotto, "Dual-band transmitter and stabilization blade antenna for experimental rocket telemetry application," *IEEE MTT-S Undergraduate Scholarships Report*, Jun. 2016.
- [21] T. Despoisse, A. Ghiotto, A. Marque, J. Nicot, A. Gautier, X. Lamboley, S. Destor, S. Villers, "Antenne à fentes à cavité pour fusée expérimentale," *20èmes Journées Nationales Microondes*, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [22] A. Ghiotto, T.P. Vuong, and K. Wu, "Chip and antenna impedance measurement for the design of passive UHF RFID tag," *13th IEEE European Microwave Week – EuMW2010*, Paris, 26 Sept.-1 Oct. 2010.
- [23] A. Ghiotto, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "Les systèmes RFID UHF passifs et leur environnement," *REE : Revue de l'Électricité et de l'Electronique*, no 6-7, pp 75-79, juin/juillet 2009.
- [24] A. Ghiotto, T.P. Vuong, and K. Wu, "Novel design strategy for passive UHF RFID tags," *14th IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics [ANTEM]*, Ottawa, Canada, July 2010.
- [25] A. Ghiotto, T.P. Vuong, S. Tedjini, and K. Wu, "Design of passive ultra-high frequency radio-frequency identification tag," *29th General Assembly of URSI 2008*, Chicago, 7-16 Aug. 2008.
- [26] A. Ghiotto, S. F. Cantalice, T.P. Vuong, A. Pouzin, G. Fontgalland, and S. Tedjini, "Miniaturized patch antenna for the radio frequency identification of metallic objects," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2008)*, Atlanta, 15-20 June 2008.
- [27] A. Ibrahiem, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "Bi-band fractal antenna design for RFID applications at UHF," *1st European Conference on Antenna and Propagation*, Nice, France, Nov. 2006.
- [28] A. Ghiotto, A. Ibrahiem, T.P. Vuong, and S. Tedjini, "New bi-band fractal antennas," *12th IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics [ANTEM] and the Canadian Radio Sciences (CNC-URSI) [URSI] Conference*, Montréal, Canada, Jul. 2006.

- [29] A. Ibrahiem, T.P. Vuong, A. Ghiotto, and S. Tedjini, "New design antenna for RFID UHF transponders," *IEEE AP-S International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting*, New Mexico, USA, Jul. 2006.
- [30] A. Ghiotto, T.P. Vuong, M.C.E. Yagoub, and S. Tedjini, "On the design and miniaturization of passive UHF RFID transponder antenna," *URSI2007*, Ottawa, Canada, Jul. 2007.
- [31] T.P. Vuong, A. Ghiotto, E. Perret, R. Siragusa, A. Pouzin, and S. Tedjini, "Conception et miniaturisation des antennes pour les tags RFID UHF passifs," *OHD2007*, Valence, France, 5-7 septembre 2007.
- [32] R. Harrington, "On gain and beamwidth of directional antennas," *IRE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 6, 1958, pp. 219-225.
- [33] S. Ladan, N. Ghassemi, A. Ghiotto, and K. Wu, "Highly efficient compact rectenna for wireless energy harvesting application," *IEEE Microwave Magazine*, vol. 14, no. 1, pp. 117-122, Jan.-Feb. 2013.
- [34] J. Gauthier, A. Ghiotto, and K. Wu, "Bi-directional and multi-frequency RF signaling system," brevet d'invention, WO 2012/012901 (A1), US 20130119135 (A1), Jul. 2010.
- [35] K. Wang, A. Ghiotto, and K. Wu, "Harmonic feedback-loop oscillator for pulling effect reduction and improved phase noise," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, Tampa, June 2014.
- [36] T. Djerafi, K. Wu, A. Marque, and A. Ghiotto, "Chipless substrate integrated waveguide tag for millimeter wave identification," *8th IEEE Global Symposium on Millimeter-Waves*, Montreal, 25-27 May. 2015.
- [37] J. Prades, A. Ghiotto, T. Taris, N. Regimbal, J-M. Pham, V. Dupuy, and E. Kerherve, "A microwave switchable low noise power amplifier for an active backscatter tag," *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 56, no. 5, pp. 1251-1255, May 2014.
- [38] P. Garrec, T. Despoisse, and A. Ghiotto, "Dispositif de modulation d'un signal hyperfréquence, transpondeur comportant un tel dispositif, et balise répondeuse équipée d'un tel transpondeur," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 17 00264, Mar. 2017.
- [39] T. Despoisse, A. Ghiotto, and P. Garrec, "Balise à surface équivalente modulée active pour l'identification par radar Doppler de drones en phase d'atterrissage," *20èmes Journées Nationales Microondes*, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [40] P. Christopher, "Millimeter wave advantages for satellite communications," *Military Communications Conference, 1983. MILCOM 1983. IEEE*, Washington, DC, USA, pp. 555-562.C, 2010.
- [41] K. Wu, "Towards the development of terahertz substrate integrated circuit technology," *Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF), 2010 Topical Meeting on*, New Orleans, LA, pp. 116-119, 2010.
- [42] M. Bozzi, A. Georgiadis and K. Wu, "Review of substrate-integrated waveguide circuits and antennas," in *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 5, no. 8, pp. 909-920, June 6, 2011.
- [43] K. Wu, D. Deslandes, and Y. Cassivi, "The substrate integrated circuits - a new concept for high-frequency electronics and optoelectronics," *Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service, 2003. TELSIKS 2003. 6th International Conference on*, pp. P-III-P-X, vol.1, 2003.

- [44] M. Bozzi, F. Xu, D. Deslandes and K. Wu, "Modeling and design considerations for substrate integrated waveguide circuits and components," *Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, 2007. TELSIKS 2007. 8th International Conference on*, Nis, pp. P-VII-P-XVI, 2007.
- [45] D. Deslandes, M. Bozzi, P. Arcioni and K. Wu, "Substrate integrated slab waveguide (SISW) for wideband microwave applications," in *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Philadelphia, PA, USA, pp. 1103-1106, vol.2, 2003.
- [46] P. Mondal and K. Wu, "A leaky-wave antenna in substrate integrated non-radiative dielectric (SINRD) waveguide with controllable scanning rate," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 4, pp. 2294-2297, April 2013.
- [47] K. Wu, "Substrate integrated circuits (SICs) for GHz and THz electronics and photonics: Current status and future outlook," *German Microwave Conference Digest of Papers*, Berlin, pp. 292-295, 2010.
- [48] S. Adhikari, "Guides d'onde intégrés au substrat (SIW) multicouches à haute performance pour des circuits millimétriques à faible coût," *Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique de Montréal*, avr. 2014.
- [49] A. Doghri, "Conception et réalisation de composants micro-ondes tridimensionnels pour la réalisation d'un radiomètre imageur," *Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique de Montréal*, avr. 2014.
- [50] F. Parment, "Guides d'onde intégrés au substrat (SIW) multicouches à haute performance pour des circuits millimétriques à faible coût," *Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble Alpes*, 4 nov. 2016.
- [51] S. Adhikari, A. Ghiotto, and K. Wu, "Simultaneous electric and magnetic two-dimensional tuning of substrate integrated waveguide cavity resonator," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2012)*, Montreal, 17-22 Jun. 2012.
- [52] S. Adhikari, A. Ghiotto, and K. Wu, "Simultaneous electric and magnetic two-dimensionally tuned parameter-agile SIW devices," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 61, no. 1, pp. 423-435, Jan. 2013.
- [53] S. Adhikari, S. Hemour, A. Ghiotto, and K. Wu, "Magnetically tunable ferrite loaded half mode substrate integrated waveguide," *IEEE Microwave and Wireless Component Letters*, vol. 25, no. 3, pp. 172-174, Mar. 2015.
- [54] S. Adhikari, A. Ghiotto, and K. Wu, "Low-cost frequency modulated ferrite loaded SIW oscillator for high-power microwave transmitter," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2013)*, Seattle, 2-7 June 2013.
- [55] A. Ghiotto, S. Adhikari, and K. Wu, "Ferrite-loaded substrate integrated waveguide switch," *IEEE Microwave and Wireless Component Letters*, vol. 22, no. 3, pp. 120-122, Mar. 2012.
- [56] A. Ghiotto, S. Adhikari, K. Wu, and E. Kerhervé, "Atténuateur micro-onde réflectif variable basé sur un guide d'onde intégré au substrat chargé de ferrite," *18èmes Journées Nationales Microondes*, Paris, 14-17 mai 2013.
- [57] S. Adhikari, A. Ghiotto, S. Hemour, and K. Wu, "Tunable non-reciprocal ferrite loaded SIW phase shifter," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2013)*, Seattle, 2-7 June 2013.

- [58] S. Hemour, S. Adhikari, A. Ghiotto, and K. Wu, "Low magnetic biased SIW-based isolator -- Effect of the rising temperature on the performance of the isolator," *IEEE Wireless and Microwave Technology Conference*, Tampa, June 2014.
- [59] A. Doghri, A. Ghiotto, T. Djerafi, and K. Wu, "Compact and low cost substrate integrated waveguide cavity and bandpass filter using surface mount shorted stubs," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2012)*, Montreal, 17-22 June 2012.
- [60] A. Doghri, T. Djerafi, A. Ghiotto, and K. Wu, "Schwinger coupler for substrate integrated circuits and systems," *43rd IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Nuremberg, pp. 306-309, 6-11 Oct. 2013.
- [61] A. Doghri, T. Djerafi, A. Ghiotto, and K. Wu, "Substrate integrated waveguide directional couplers for compact 3-D integrated circuits," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 1, pp. 209-221, Jan. 2015.
- [62] A. Doghri, T. Djerafi, A. Ghiotto, and K. Wu, "SIW 90-degree twist for substrate integrated circuits and systems," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2013)*, Seattle, 2-7 June 2013.
- [63] A. Doghri, A. Ghiotto, T. Djerafi, and K. Wu, "Corrugated SIW L-folded antipodal parabolic tapered slot antenna," *IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2012)*, Kaohsiung, 4-7 Dec. 2012.
- [64] A. Doghri, A. Ghiotto, T. Djerafi, and K. Wu, "Broadband E-plane junction for three-dimensional substrate integrated waveguide circuits and systems," *IEEE Microwave and Wireless Component Letters*, vol. 24, no. 11, pp. 739-741, Nov. 2014.
- [65] A. Doghri, A. Ghiotto, T. Djerafi and K. Wu, "Early demonstration of a passive millimeter-wave imaging system using substrate integrated waveguide technology," *11th IEEE Mediterranean Microwave Symposium – MMS2011*, Hammamet, Tunisia, 08-10 Sept. 2011.
- [66] T. Djerafi, A. Ghiotto, and K. Wu, "Antipodal fin-line waveguide to substrate integrated waveguide transition," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2012)*, 17-22 June 2012.
- [67] A. Doghri, T. Djerafi, A. Ghiotto, and K. Wu, "Broadband substrate-integrated-waveguide six-port applied to the development of polarimetric imaging radiometer," *41st IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Manchester, 9-14 Oct. 2011.
- [68] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Broadband transition from dielectric-filled to air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, Tampa, June 2014.
- [69] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 4, pp. 1228-1238, Apr. 2015.
- [70] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Air-filled SIW transmission line and phase shifter for high performances and low-cost U-band integrated circuits and systems," *8th IEEE Global Symposium on Millimeter-Waves*, Montreal, 25-27 May. 2015.
- [71] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Double dielectric slab-loaded air-filled SIW phase shifters for high-performance and low-cost millimeter-wave

- integration,” *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 64, no. 9, pp. 2833-2842, Sept. 2016.
- [72] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Low-loss air-filled substrate integrated waveguide (SIW) band-pass filter with symmetric inductive posts,” *45rd IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Paris, 6-11 Sep. 2015.
- [73] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Ka-band compact and high performance bandpass filter based on multilayer air-filled SIW,” in *IET Electronics Letters*, vol. 53, no. 7, pp. 486-488, Mar. 2017.
- [74] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregini, and A. Ghiotto, “A novel filter based on a dual-mode air-filled substrate integrated waveguide cavity resonator,” *IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization for RF, Microwave and Terahertz Applications*, Sevilla, 17-19 May, 2017.
- [75] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregini, and A. Ghiotto, “A dual-mode quasi-elliptic filter in air-filled substrate integrated waveguide technology,” *47th IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Nuremberg, 10-12 Oct. 2017.
- [76] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Broadband directional Moreno coupler for high-performance air-filled SIW-based substrate integrated systems,” *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, San Francisco, California, 22-27 May 2016.
- [77] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Air-to-dielectric-filled two-hole substrate integrated waveguide directional coupler,” in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 27, no. 7, pp. 621-623, Jul. 2017.
- [78] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, “Millimeter-wave air-filled substrate integrated waveguide slot array antenna,” in *IET Electronics Letters*, vol. 53, no. 11, pp. 704-706, May 2017.
- [79] A. Ghiotto, F. Parment, T.P. Vuong, and K. Wu, “Millimeter-wave air-filled SIW antipodal linearly tapered slot antenna,” *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 768-771, Apr. 2017.
- [80] I. S. S. Lima, F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and K. Wu, “Broadband dielectric-to-half-mode air-filled substrate integrated waveguide transition,” in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 26, no. 6, pp. 383-385, Jun. 2016.
- [81] H. Xu, G. S. Schoenthal, L. Liu, Q. Xiao, J. L. Hesler and R. M. Weikle II, “On estimating and canceling parasitic capacitance in submillimeter-wave planar schottky diodes,” in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 19, no. 12, pp. 807-809, Dec. 2009.
- [82] B. Alderman, H. Sanghera, L. Bamber, B. Thomas, and David Matheson, “Fabrication of Schottky diodes for mixer and multiplier applications at millimetre-wave frequencies”, in *Proc. Millimetre-Wave Users Group meetings*, Apr. 2008.
- [83] D. Polge, “Amplificateur de puissance à polarisation contrôlée et à faible variation du temps de propagation de groupe pour systèmes de localisation en technologie ultra large bande impulsionnelle,” *Thèse de doctorat de l’Université de Bordeaux*, 8 nov. 2016.
- [84] Electronic Communications Committee, “Location tracking application for emergency and disaster situations,” *REC/(11)10*.

- [85] D. Polge, P. Fabre, A. Ghiotto, and E. Kerhervé, “Implémentation d’un amplificateur de puissance pour un système de localisation ultra large bande dédié aux situations d’urgence,” *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 oct. 2013.
- [86] D. Polge, A. Ghiotto, E. Kerhervé, and P. Fabre, “Conception d’une chaîne d’amplification de puissance commutée à faible temps d’établissement pour applications ultra large bande faible consommation en technologie CMOS 65 nm,” *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [87] D. Polge, A. Ghiotto, E. Kerhervé, and P. Fabre, “3.4 to 4.8 GHz 65 nm CMOS power amplifier for UWB location tracking application for emergency services,” *11th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)*, London, 3-7 Oct. 2016.
- [88] D. Polge, A. Ghiotto, E. Kerhervé, and P. Fabre, “3-10 GHz 65 nm CMOS stacked power amplifier with optimized group delay variation,” *Wiley, Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 60, no. 2, pp. 400-405, Feb. 2018.
- [89] E. Kerherve, N. Demirel, A. Ghiotto, A. Larie, N. Deltimple, J.M. Pham, Y. Mancuso, and P. Garrec, “A broadband 4.5-15.5 GHz SiGe power amplifier with 25.5 dBm peak saturated output power and 28.7% maximum PAE,” *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 63, no. 5, pp. 1621-1632, May 2015.
- [90] V. Dupuy, E. Kerhervé, N. Deltimple, N. Demirel, Y. Mancuso, “Very high efficiency SiGe and GaN high power amplifiers for tile modules,” Workshop , *IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, Tampa, June 2014.
- [91] A. Ghiotto, E. Kerhervé, N. Demirel, A. Larie, P. Garrec, and Y. Mancuso, “Dual-mode power amplifier module with in-band reconfigurable output power for multifunctional radar and radio communication systems,” *IEEE Radar 2014*, Lille, France, 13-17 October 2014.
- [92] E. Kerherve, A. Ghiotto, and S. Aloui, “L’enjeu de l’intégration des fonctions amplifications millimétriques dans le silicium nanométrique,” *Réunion générale du GDR-Ondes*, Dijon, 28-30 Oct. 2013.
- [93] A. Ghiotto, A. Larie, E. Kerhervé, B. Leite, B. Martineau, and D. Belot, “From 65nm to 28nm power amplifiers for 60GHz applications,” *IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology*, Hefei, China, 27-30 Aug. 2014.
- [94] B. Leite, E. Kerherve, A. Ghiotto, A. Larie, B. Martineau, and D. Belot, “60 GHz 28 nm CMOS transformer-coupled power amplifier for WiGig applications,” *IET Electronics Letters*, vol. 50, no. 20, pp. 1451-1453, Sep. 25 2014.
- [95] S. Aloui, B. Leite, N. Demirel, R. Plana, D. Belot, and E. Kerherve “High-gain and linear 60-GHz power amplifier with a thin digital 65-nm CMOS technology,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 61, no. 6, pp. 2425–2437, 2013.
- [96] J. Prades, “Conception d’un modulateur électro-optique Mach Zehnder 100 Gbits/s NRZ sur silicium,” *Thèse de doctorat de l’Université de Bordeaux*, 10 nov. 2016.
- [97] L. Verslegers, and al., “Silicon photonics device libraries for high-speed transceivers,” in *Proc. IEEE Photonics Conf.*, pp. 65-66, 12-16 Oct. 2014.
- [98] J. Prades, A. Ghiotto, D. Pache, and E. Kerhervé, “Pilote de modulateur optique pour des applications photonique 100 Gbits/s sur silicium,” *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [99] J. Prades, A. Ghiotto, D. Pache, and E. Kerhervé, “Conception d’un driver unitaire pour modulateur de phase optique haute vitesse en technologie BiCMOS SiGe 55 nm pour un

- modulateur photonique intégré sur silicium 100 Gbits/s NRZ à un seul canal,” *Journées Nationales du Réseau Doctoral en Micro-nanoélectronique*, Bordeaux, 5-7 mai 2015.
- [100] J. Prades, A. Ghiotto, D. Pache, and E. Kerhervé, “High speed phase modulator driver unit in 55 nm SiGe BiCMOS for a single-channel 100 Gb/s NRZ silicon photonic modulator,” *10th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)*, Paris, 6-11 Sep. 2015.
- [101] J. Prades, E. Kerhervé, A. Ghiotto, and D. Paches, “0.3-42.5 GHz wideband common emitter amplifier driver unit in 55 nm SiGe BiCMOS for 60 Gb/s silicon photonic Mach-Zehnder modulator,” *IEEE NEWCAS 2016*, Vancouver, Canada, 26-29 Jun. 2016.
- [102] W. V. Moer and Y. Rolain, “A large-signal network analyzer: Why is it needed?,” in *IEEE Microwave Magazine*, vol. 7, no. 6, pp. 46-62, 2006.
- [103] G. J. Mazzaro, A. F. Martone and D. M. McNamara, “Detection of RF electronics by multitone harmonic radar,” in *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 50, no. 1, pp. 477-490, January 2014.
- [104] L. Chioukh, H. Boutayeb, D. Deslandes and K. Wu, “Noise and sensitivity of harmonic radar architecture for remote sensing and detection of vital signs,” in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 62, no. 9, pp. 1847-1855, Sept. 2014.
- [105] S. Adhikari, A. Ghiotto, K. Wang, and K. Wu, “Development of a large-signal-network-analyzer round-robin artifact,” *IEEE Microwave Magazine*, vol. 14, no. 1, pp. 140-145, Jan.-Feb. 2013.
- [106] K. Wang, S. Adhikari, A. Ghiotto, and K. Wu, “Multiharmonic generator for large-signal-network-analyzer verification,” *IEEE Microwave Magazine*, vol. 15, no. 1, pp. 120-128, Jan.-Feb. 2014.
- [107] N. Vellas, C. Gaquiere, F. Bue, D. Ducatteau, “Adaptateur d’impédances automatique coaxial,” Patent W0 2007010134 A1, Jan. 25, 2007.
- [108] A. Curutchet, “Synthétiseur d’impédance coaxial,” Patent WO2012126900 A1, Sep. 27, 2012.
- [109] A. Curutchet, A. Ghiotto, M. Potéreau, M. Dematos, S. Fregonese, E. Kerhervé, and T. Zimmer, “Caractérisation et modélisation d’une nouvelle technologie de synthétiseur d’impédances automatique coaxial 3,5 mm à fort TOS,” *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [110] A. Curutchet, A. Ghiotto, M. Potéreau, M. De Matos, S. Fregonese, E. Kerhervé, and T. Zimmer, “Early demonstration of a high VSWR microwave coaxial programmable impedance tuner with coaxial slugs,” *45rd IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Paris, 6-11 Sep. 2015.
- [111] A. Curutchet, A. Ghiotto, M. Potéreau, M. De Matos, S. Fregonese, E. Kerhervé, and T. Zimmer, “On the development of a novel high VSWR programmable impedance tuner,” *EuMA International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, vol. 8, no. 4-5, pp. 723-730, Jun. 2016.
- [112] T. Martin, A. Ghiotto, A. Marque, T.P. Vuong, F. Lotz, P. Monteil, and L. Carpentier, “Broadband air-filled SIW to waveguide transition for interconnect, instrumentation and measurement applications,” in proc. *IEEE IMWS-AMP*, Pavia, Italy, 20-22 Sep. 2017.
- [113] A. Ghiotto, F. Lots, T. Martin, A. Marque, and P. Monteil, “Composant micro-ondes et procédé de réglage associé,” dépôt brevet d’invention / patent registration, FR 16 61964, Dec. 2016.

- [114] T. Martin, A. Ghiotto, T.P. Vuong, F. Lotz, and P. Monteil, "High performance air-filled substrate integrated waveguide filter post-process tuning using capacitive post," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Hawaii, Honolulu, 4-9 Jun. 2017.
- [115] A. Ghiotto and F. Parment, "Implémentation de poteaux inductifs dans une structure SIW et réalisation d'un filtre générique," dépôt brevet d'invention / patent registration, Jun. 2017.
- [116] T. Martin, F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, and K. Wu, "Air-filled SIW interconnections for high performance millimeter-wave circuit and system prototyping and assembly," *IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization for RF, Microwave and Therahertz Applications*, Sevilla, 17-19 May, 2017.
- [117] A. Belenguer, H. Esteban, and V. E. Boria, "Novel empty substrate integrated waveguide for high-performance microwave integrated circuits," *IEEE Trans. Microw. Theory Techn.*, vol. 62, no. 4, pp. 832-839, Apr. 2014.
- [118] F. Bigelli et al., "Design and fabrication of a dielectricless substrate-integrated waveguide," *IEEE Trans. Compon., Packag., Manuf. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 256-261, Feb. 2016.
- [119] A. Ghiotto, F. Parment, and L. Carpentier, "Composant micro-ondes présentant une chambre asymétrique de propagation," dépôt brevet d'invention / patent registration, Jun. 2017.
- [120] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregrini, and A. Ghiotto, "A novel filter based on a dual-mode air-filled substrate integrated waveguide cavity resonator," *IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization for RF, Microwave and Therahertz Applications*, Sevilla, 17-19 May, 2017.
- [121] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregrini, and A. Ghiotto, "A dual-mode quasi-elliptic filter in air-filled substrate integrated waveguide technology," *47th IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Nuremberg, 10-12 Oct. 2017.
- [122] C. Tomassoni, L. Silvestri, A. Ghiotto, M. Bozzi, and L. Perregrini, "A novel class of substrate integrated waveguide filters based on dual-mode air-filled resonant cavities," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 66, no. 2, pp. 726-736, Feb. 2018.
- [123] N. Jastram and D. S. Filipovic, "PCB-based prototyping of 3-D micromachined RF subsystems," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 1, pp. 420-429, Jan. 2014.
- [124] A. Belenguer, A. L. Borja, H. Esteban, and V. E. Boria, "High-performance coplanar waveguide to empty substrate integrated coaxial line transition," *IEEE Trans. Microw. Theory Techn.*, vol. 63, no. 12, pp. 4027-4034, Dec. 2015.
- [125] M. A. Al-Tarifi and D. S. Filipovic, "All-PCB transmission line with low loss and dispersion up to Ka band," in *Proc. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Memphis, TN, pp. 826-827, 2014.
- [126] Y. Wang, K. Ma, N. Yan, and L. Li, "A slow-wave rat-race coupler using substrate integrated suspended line technology," *IEEE Trans. Compon., Packag., Manuf. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 630-636, Apr. 2017.
- [127] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, L. Carpentier, and K. Wu, "Substrate integrated suspended line to air-filled SIW transition for high-performance millimeter-wave multilayer integration," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Hawaii, Honolulu, 4-9 Jun. 2017.

- [128] A. Ghiotto and F. Parment, V. Armengaud, and L. Carpentier “ Intégration et slef-packadging de circuits actifs en technologies PCB Creuses,” dépôt brevet d’invention / patent registration, FR 17 60188, Oct. 2017.
- [129] N. H. Nguyen, F. Parment, A. Ghiotto, K. Wu, and T.P. Vuong, “A fifth-order air-filled SIW filter for future 5G applications,” in proc. *IEEE IMWS-AMP*, Pavia, Italy, 20-22 Sep. 2017.
- [130] K. Wu, “Towards system-on-substrate approach for future millimeter-wave and photonic wireless applications,” *2006 Asia-Pacific Microwave Conference*, Yokohama, 2006, pp. 1895-1900.
- [131] Isreal aerospace industries (IAI), “SATCOM- Satellite communication network - EL/K-1891,” *ELTA Cat.* , No. 6179, Mar. 2009, disponible: http://www.iai.co.il/sip_storage/FILES/8/38678.pdf
- [132] S. Nichols, “Satcom antennas – leading-edge technology hidden from view,” *GetConnected*, Apr. 13th 2013, (originally published in Inflight magazine), disponible: <http://www.getconnected.aero/2013/04/satcom-antennas-leading-edge-technology-hidden-view/>
- [133] C. Covault, “UAVs drive SATCOM modernization”, *The Year in Defense: Aerospace, Edition*, Summer 2010, disponible: <https://www.defensemedianetwork.com/stories/uavs-drive-satcom-modernization/>
- [134] Fraunhofer, “Antennas for automotive radar”, *Fraunhofer website*, disponible: <https://www.fhr.fraunhofer.de/en/businessunits/traffic/Antennas-for-automotive-radar.html>
- [135] C. Hammerschmidt, “NXP shrinks radar sensors to mass-market size”, *eeNews Europe*, Jan. 6th 2016, disponible: <http://www.eenewseurope.com/news/nxp-shrinks-radar-sensors-mass-market-size>
- [136] Anokiwave, “28 GHz active array antenna enables rapid 5G prototyping”, *Microwave Journal*, Apr. 13th 2017, disponible: <http://www.microwavejournal.com/articles/28100-ghz-active-array-antenna-enables-rapid-5g-prototyping>
- [137] Movendi, “ Movandi brings innovative RF front-end technology to emerging mmWave 5G networks”, *Microwave Journal*, Sept. 6th 2017, disponible: <http://www.microwavejournal.com/articles/29000-movandi-brings-innovative-rf-front-end-technology-to-emerging-mmwave-5g-network>
- [138] F. Mesquita, E. Kerhervé, A. Ghiotto, Y. Creveuil, and M. Régis, “Amplificateur de puissance MASMOS à cellules de puissance reconfigurables pour applications LTE,” *20èmes Journées Nationales Microondes*, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [139] F. Mesquita, E. Kerhervé, A. Ghiotto, Y. Creveuil, and M. Régis, “High-efficiency watt-level MASMOS power amplifier for LTE applications,” *47th IEEE European Microwave Conference (EuMC)*, Nuremberg, 10-12 Oct. 2017.
- [140] Mitsubishi Electric, “Mitsubishi Electric's new multibeam multiplexing 5G technology achieves 20Gbps throughput,” Jan. 21st 2016, disponible : <http://www.mitsubishielectric.com/news/2016/0121.html>.
- [141] M. Potéreau, M. Romain, A. Marque, A. Ghiotto, and N. Deltimple, “Décteur de puissance intégré sur silicium stabilisé en température basé sur un coupleur compacte pour application spatial en bande Ka,” *20èmes Journées Nationales Microondes*, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.

- [142] A. Marque, M. Potéreau, A. Ghiotto, and N. Deltimple, "Amplificateur à gain variable en bande Ka sur silicium pour applications spatiales," *20èmes Journées Nationales Microondes*, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [143] R. Kimmo and V. Ville, "Transponder Designs for Harmonic Radar Applications," *International Journal of Antennas and Propagation*, 2015.
- [144] L. Chioukh, H. Boutayeb, D. Deslandes and K. Wu, "Noise and sensitivity of harmonic radar architecture for remote sensing and detection of vital signs," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 62, no. 9, pp. 1847-1855, Sept. 2014.
- [145] C. Yeh and F. Shimabukuro, "The essence of dielectric waveguides," Springer, 2008.
- [146] S. Fukuda *et al.*, "A 12.5+12.5Gb/s full-duplex plastic waveguide interconnect," *2011 IEEE International Solid-State Circuits Conference*, San Francisco, CA, 2011, pp. 150-152.
- [147] M. Tytgat and P. Reynaert, "A plastic waveguide receiver in 40nm CMOS with on-chip bondwire antenna," *ESSCIRC (ESSCIRC)*, 2013 Proceedings of the, Bucharest, 2013, pp. 335-338.
- [148] P. Reynaert, "Polymer microwave fiber: A blend of RF, copper and optical communication," disponible: <http://www.polymermicrowavefiber.com/>
- [149] F. Voineau, R. Pilard, B. Martineau, M. Sié, A. Ghiotto, and E. Kerhervé, "Conception d'un guide d'ondes en plastique pour le transfert de données à haut débit et bas coût aux fréquences millimétriques," *19èmes Journées Nationales Microondes*, Bordeaux, 2-5 juin 2015.
- [150] F. Voineau, A. Ghiotto, and E. Kerherve, "Ensemble pour la propagation d'ondes dans la gamme de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz," dépôt brevet d'invention / patent registration, FR 16 54003, May 2016.
- [151] Y. Kim, L. Nan, J. Cong and M. C. F. Chang, "High-speed mm-wave data-link based on hollow plastic cable and CMOS transceiver," in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 23, no. 12, pp. 674-676, Dec. 2013.
- [152] P. Reynaert and Y. Zhang, "Polymer Waveguides as an alternative to optical and copper high-speed communication," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium, Workshop WFF: Emerging Transmission Line Technologies for Interconnect, Components, Circuits and Systems*, Hawaii, Honolulu, 4-9 Jun. 2017.
- [153] F. Voineau, A. Ghiotto, E. Kerhervé, B. Martineau, and M. Sié, "Broadband 55 – 95 GHz microstrip to waveguide transition based on a dielectric tip and a tapered double-ridged waveguide section," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Hawaii, Honolulu, 4-9 Jun. 2017.
- [154] F. Voineau, A. Ghiotto, E. Kerhervé, B. Martineau, and M. Sié, "Transition ligne micro-ruban / guide d'ondes de 55 à 95 GHz par l'ajout d'une pointe diélectrique et d'une section à double moulure," *20èmes Journées Nationales Microondes*, Saint-Malo, 16-19 mai 2017.
- [155] M. Esquius-Morote, M. Mattes and J. R. Mosig, "Orthomode transducer for dual polarized substrate integrated circuits and antennas," *The 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014)*, The Hague, 2014, pp. 1379-1383.
- [156] M. Esquius-Morote, M. Mattes and J. R. Mosig, "Orthomode transducer and dual-polarized horn antenna in substrate integrated technology," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 10, pp. 4935-4944, Oct. 2014.

- [157] Jet Metal, <http://jetmetal-tech.com/>
- [158] C.-P. Jou and T.-I Bao, "Silicon interface for dielectric slab waveguide," US20160077294A1, Sep. 11th 2014.
- [159] C.-P. Jou and T.-I Bao, "Differential silicon interface for dielectric slab waveguide," US20160077293A1, Sep. 11th 2014.
- [160] M. Spella, R. L. J. Roovers, "Transmission line interconnect," US 20150263403 A1, Mar. 11th 2014.
- [161] B. Martineau, O. Richard, D. Belot, P. Dautriche, "Connector for plastic waveguide," US14726866, Jun. 24th 2014.
- [162] F. Voineau, C. Dehos, B. Martineau, M. Sié, M. Perchicot, A. Ghiotto, and E. Kerhervé, "A 12 Gb/s 64QAM and OFDM compatible millimeter-wave communication link using a novel plastic waveguide design," *IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, California, Anaheim, 14-17 Jan. 2018.
- [163] P. Reynaert et al., "Polymer microwave fibers: a blend of RF, copper and optical communication," *IEEE ESSCIRC*, pp. 15-20, 2016.
- [164] P. Reynaert et al., "An 18Gbps polymer microwave fiber (PMF) communication link in 40nm CMOS," *IEEE ESSCIRC*, pp. 483-486, 2016.
- [165] F. Voineau, B. Martineau, M. Sié, A. Ghiotto, and E. Kerhervé, "A differential vertical hybrid coupler and low capacitance RF pads for millimeter-wave applications in 28 nm CMOS FDSOI," *IEEE Topical Meetings on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SIRF)*, California, Anaheim, 14-17 Jan. 2018.

