

SOUTENANCE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES COMPOSANTS, CIRCUITS ET SYSTÈMES RADIOFRÉQUENCES

Par Anthony Ghiotto

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

Sommaire

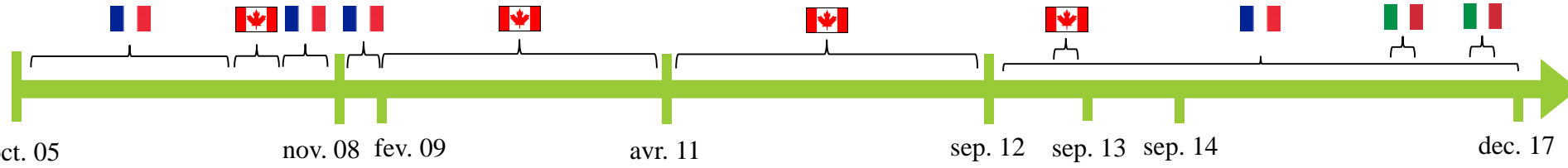
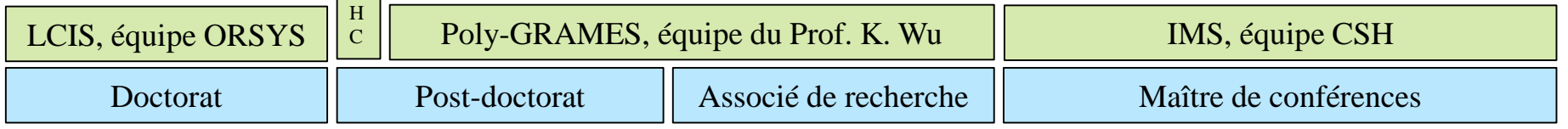
- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
- Perspectives de recherche
- Conclusion

Sommaire

- Présentation générale
 - Parcours
 - Activités d'enseignement
 - Activités de recherche
 - Publications
- Synthèse des travaux de recherche
- Perspectives de recherche
- Conclusion

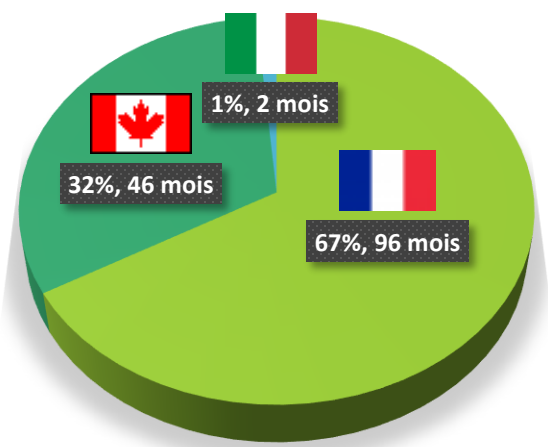
Parcours

I
M
E
P
-
L
a
H
C



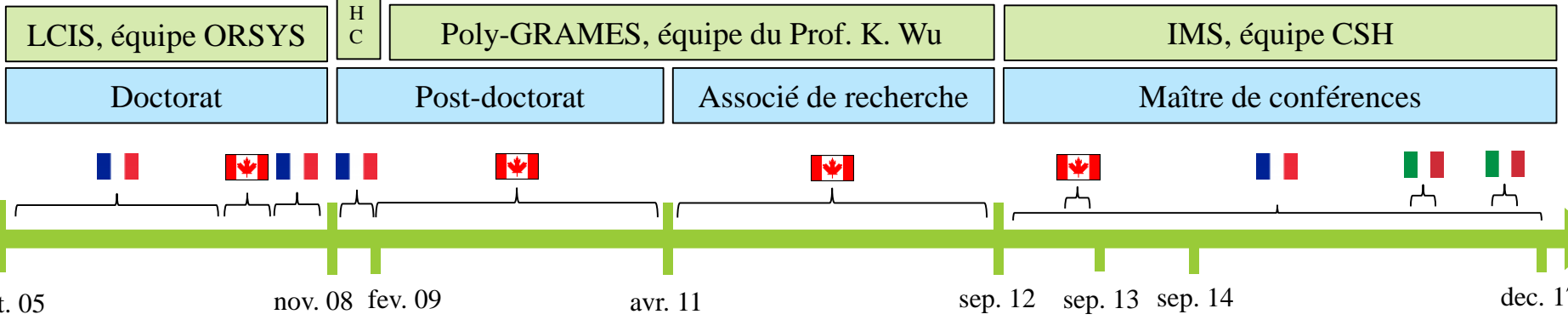
12 années de recherche dont 4 ans et 11 mois de mobilité scientifique à l'internationale

Répartition des mobilités



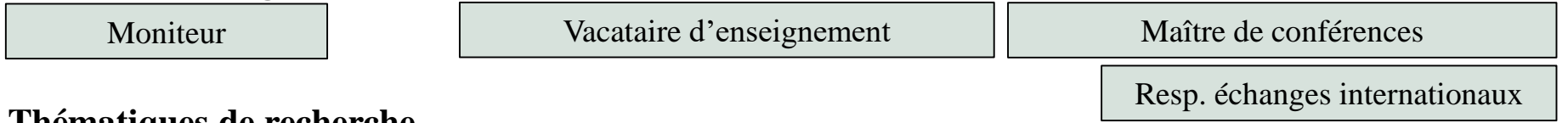
Parcours

I
M
E
P
-
L
a
H
C

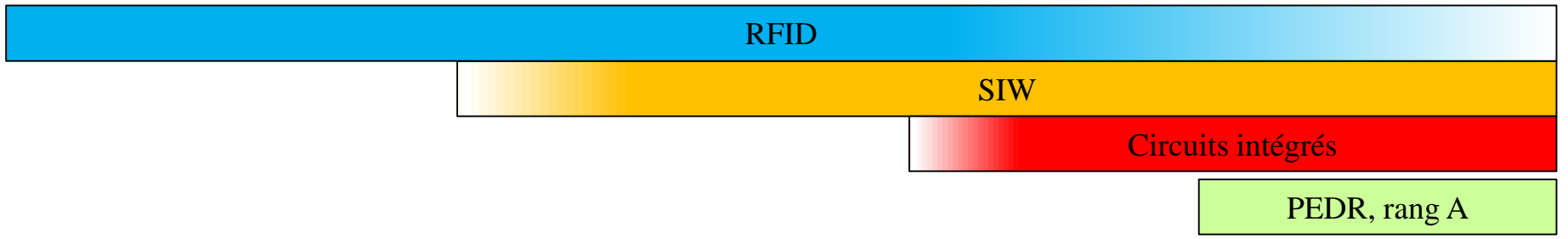


12 années de recherche dont 4 ans et 11 mois de mobilité scientifique à l'internationale

Activités d'enseignement

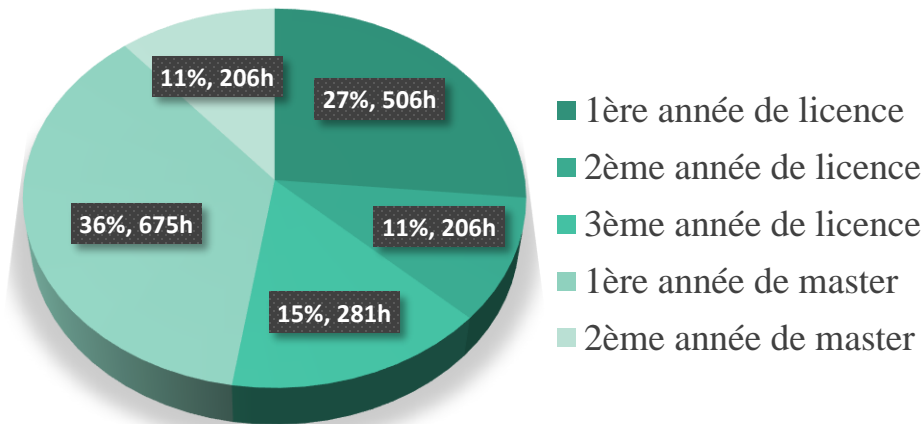
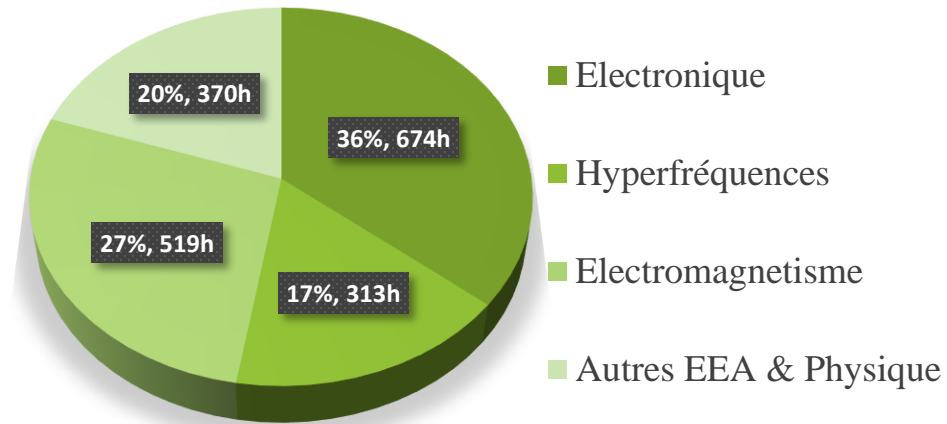
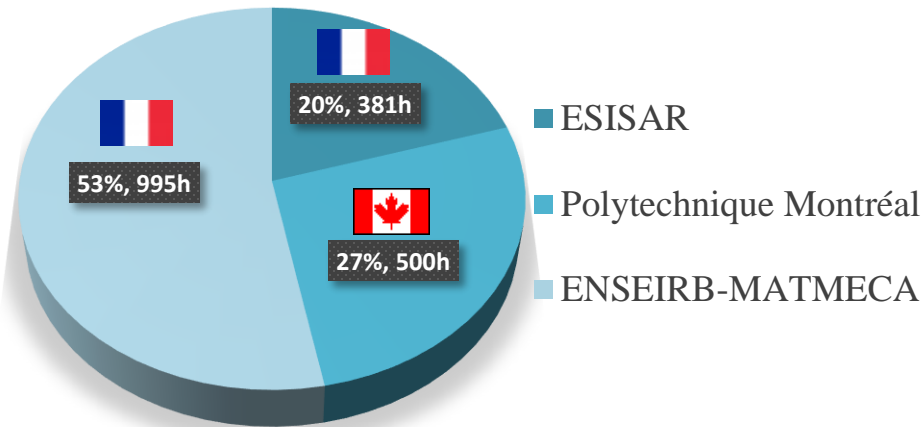


Thématiques de recherche



Activités d'enseignement

Plus de 1800h d'enseignement :



Contributions à la vie de l'établissement :



Bordeaux IEEE
Student Branch

Association aéronautique
et spatial de l'
ENSEIRB-MATMECA

Activités d'enseignement

Prix du meilleur chargé de TD et TP en génie physique

Parmi 31 enseignants; pour mes TD en électromagnétisme

Nominé pour le prix du meilleur chargé de TD et TP en génie électrique

Parmi 45 enseignants; pour mes TP et mon projet de conception RF

SOIRÉE MÉRITAS 2011-2012


GÉNIE PHYSIQUE


Félicitations à

Anthony Ghiotto

Lauréat dans la catégorie

Meilleur chargé de travaux pratiques et laboratoires


Daniel O'Brien
Vice-Président à l'éducation, AEP


Émilie Thibaudeau
Directrice, Soirée Méritas

SOIRÉE MÉRITAS 2011-2012


GÉNIE ÉLECTRIQUE


Félicitations à

Anthony Ghiotto

Nomination dans la catégorie

Meilleur chargé de travaux pratiques et laboratoires


Daniel O'Brien
Vice-Président à l'éducation, AEP


Émilie Thibaudeau
Directrice, Soirée Méritas

Activités de recherche

- **Encadrements scientifiques**
 - 5 thèses soutenues & 5 thèses en cours (dont une en tant que directeur)
 - 2 post-doctorants & 3 ingénieurs
 - 15 masters (PFE/M2)

- **Reconnaisances, distinctions et prix**
 - URSI Young Scientist Award en 2008
 - PEDR, Rang A, depuis 2014
 - Membre senior d'IEEE depuis 2015
 - IEEE SPI 2016 and 2017 Young Investigator Training Program Award
 - ...



Activités de recherche

- Reconnaissances, distinctions et prix attribués à des étudiants supervisés
 - Finaliste du prix du meilleur papier étudiant à IMS 2012
 - Finaliste du prix de thèse de la section électronique du Club EEA en 2017
 - Finaliste du prix de thèse de l'école doctorale EEATS en 2017
 - 3 1er prix de compétition étudiante de conception d'IEEE MTT-S
 - Prix de la meilleure branche étudiante 2015 de la société IEEE France
 - Prix du meilleur chapitre 2015 de la société Microwave Theory and Techniques de l'IEEE
 - 3 prix remis à l'association étudiante EirSpace
 - ...



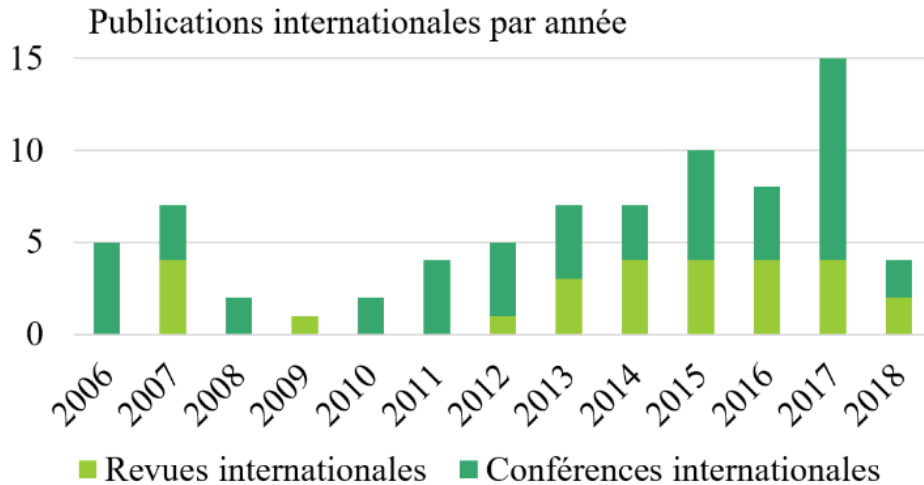
Activités de recherche

- **Rayonnement scientifique national et international**
 - Contribution à l'organisation de 5 conférences dont les JNM 2015 et EUMW 2015
 - Membre du TCC et membre invité des TCs « Filters and Passive Components » (TC-8) et « Field Theory » (TC-15) de IEEE MTT-S
 - Editeur associé du journal IJMWT de EUMA depuis 2016 (IF: 0,976)
 - Membre du bureau, depuis 2013, et président depuis 2017 de MTT France
 - Membre de TPC de 4 conférences internationales
 - Chairman dans 11 conférences
 - Examineur de nombreuses revues et conférences internationales
 - Membre invité de jury de 10 thèses
 - Fondateur et conseiller de la branche étudiante IEEE de Bordeaux et des chapitres étudiants MTT et AP
 - ...

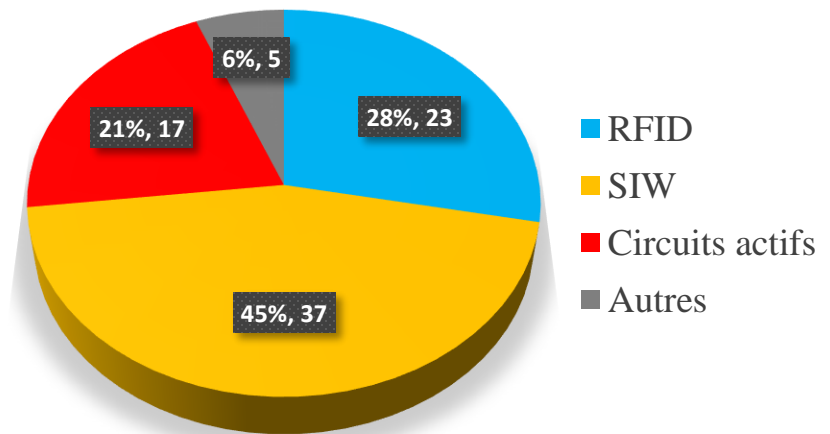
Publications

- **Publications de recherche (149)**

- 27 revues internationales
 - 18 IEEE (dont 8 transactions)
 - 4 invitées
- 55 conférences internationales
 - 13 IEEE MTT-S IMS
 - 9 invitées
- 1 revue nationale
- 43 conférences nationales
- 9 dépôts de brevet



Répartition thématique des 82 publications internationales



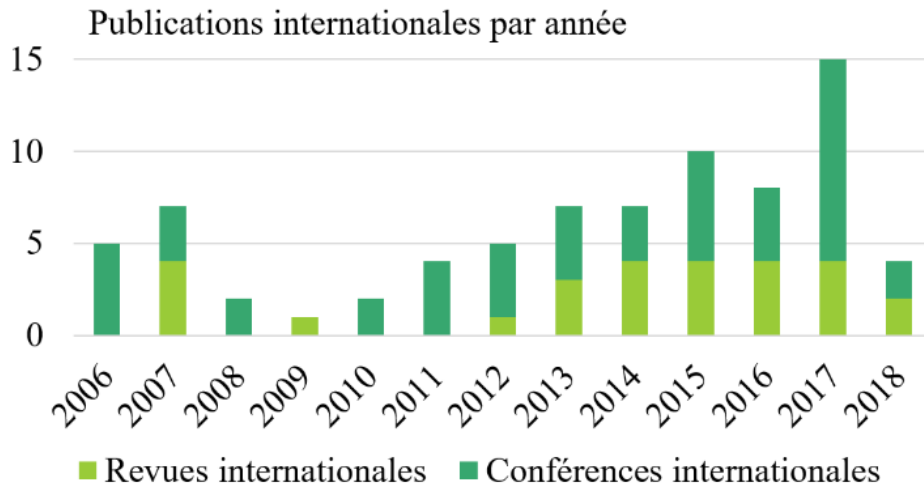
Publications

- **Publications de recherche (149)**

- 27 revues internationales
 - 18 IEEE (dont 8 transactions)
 - 4 invitées
- 55 conférences internationales
 - 13 IEEE MTT-S IMS
 - 9 invitées
- 1 revue nationale
- 43 conférences nationales
- 9 dépôts de brevet

- **Publications pédagogiques**

- 1 revue nationale
- 1 conférence nationale



Sommaire

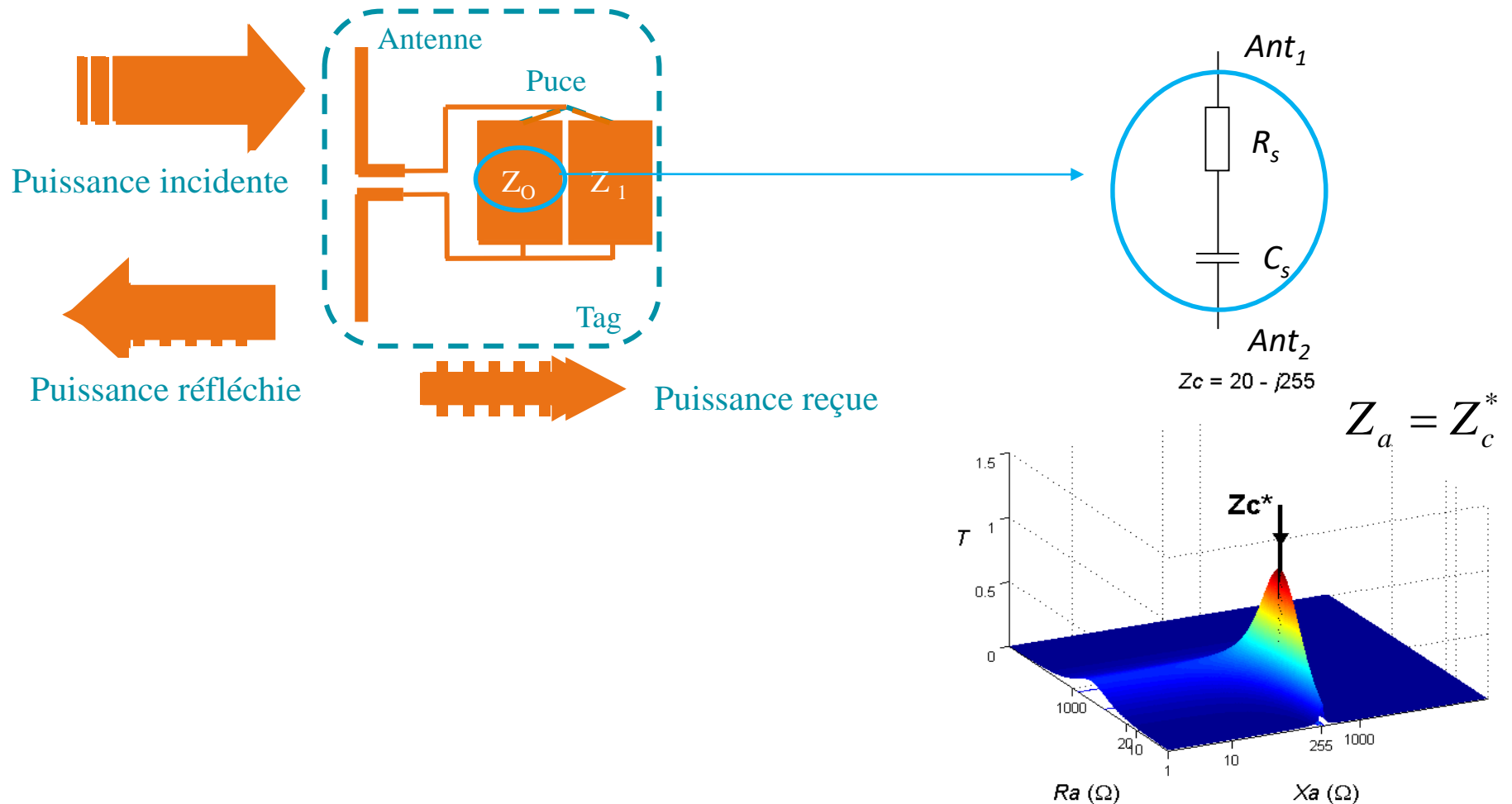
- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
 - Composants, circuits et systèmes RFID
 - Technologies intégrées au substrat
 - Composants et circuits intégrés actifs
- Perspectives de recherche
- Conclusion

Sommaire

- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
 - Composants, circuits et systèmes RFID
 - Technologies intégrées au substrat
 - Composants et circuits intégrés actifs
- Perspectives de recherche
- Conclusion

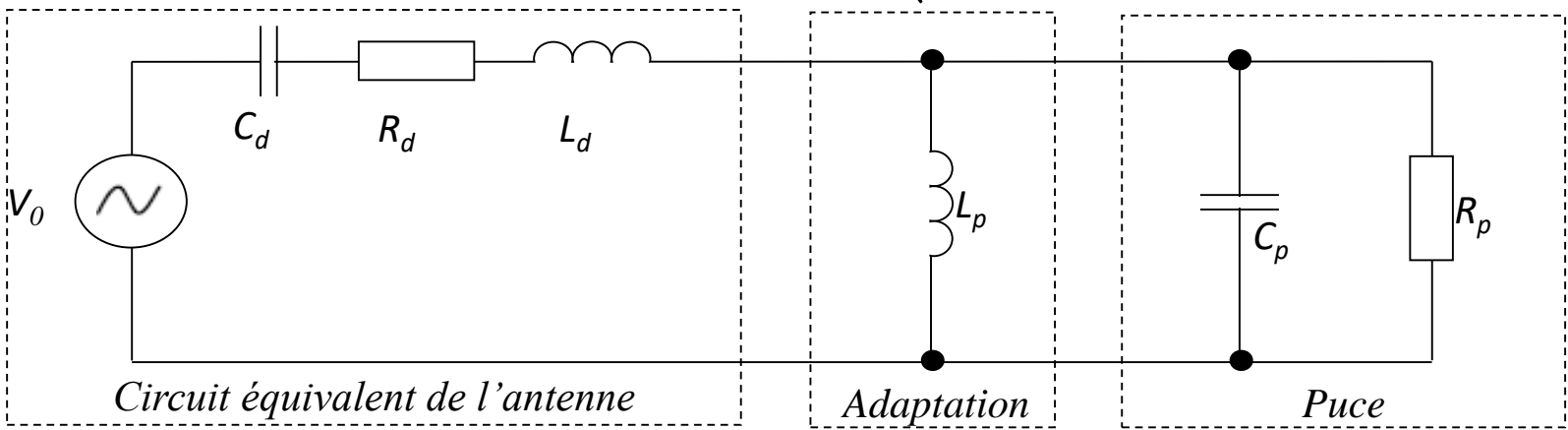
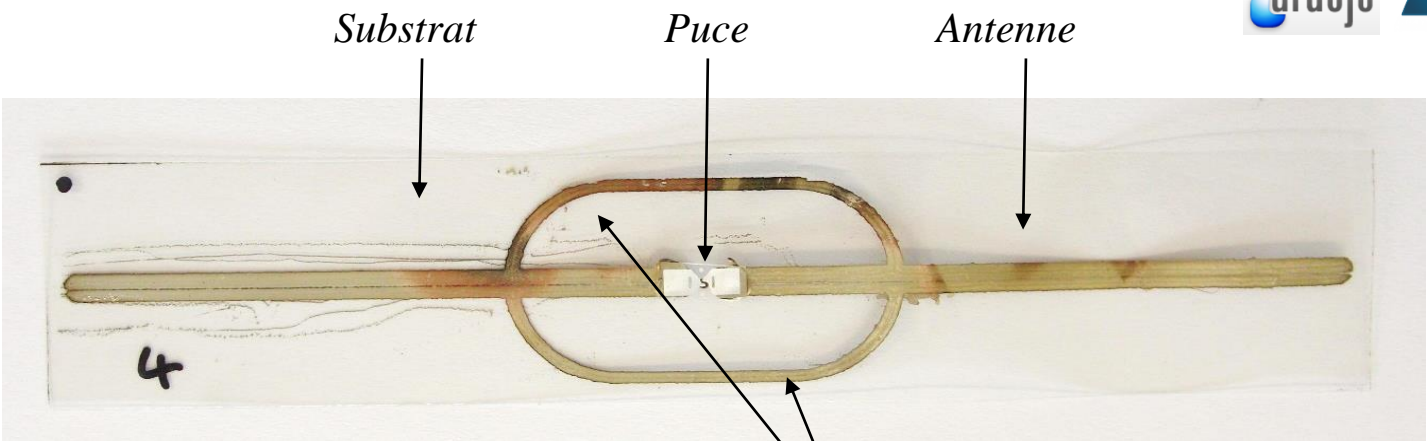
Composants, circuits et systèmes RFID

- Antennes de tags RFID UHF passifs (non 50Ω)



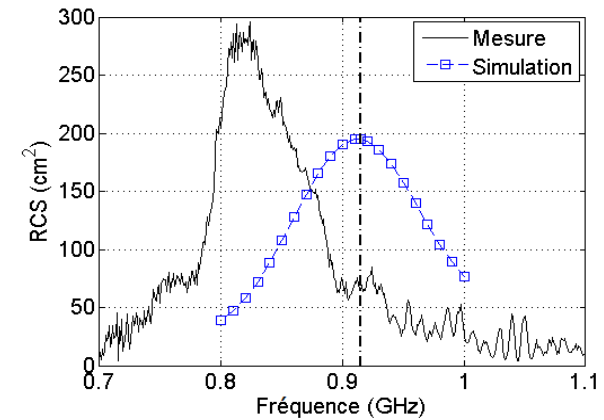
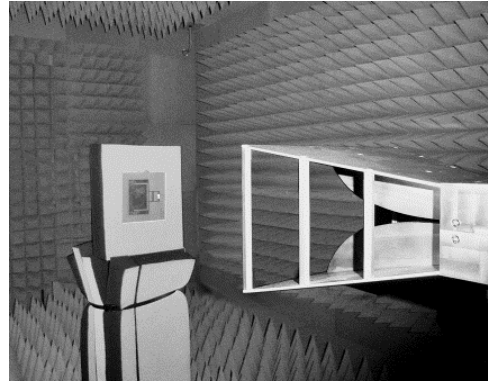
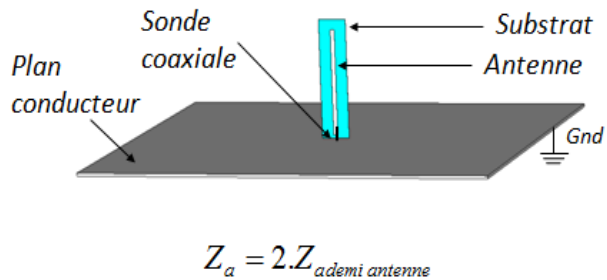
Composants, circuits et systèmes RFID

- Réalisation additive par impression jet d'encre

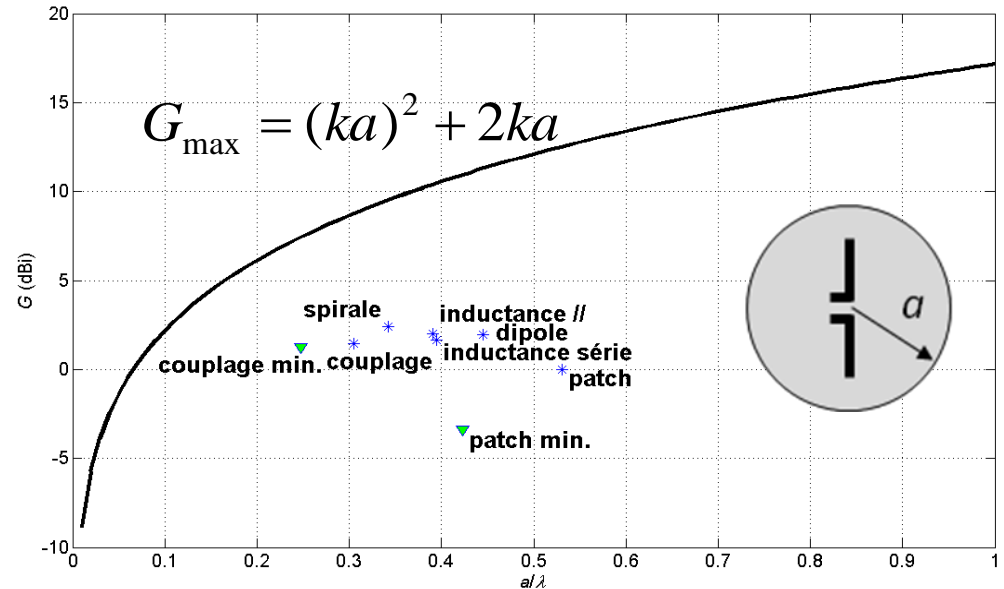


Composants, circuits et systèmes RFID

- Mesure d'antennes non 50Ω



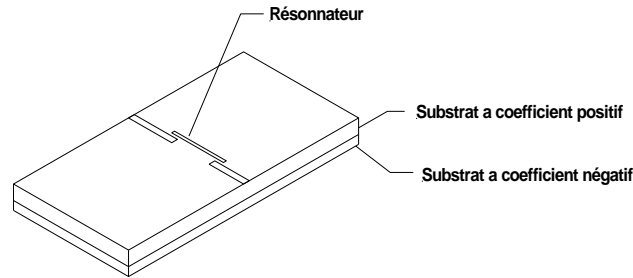
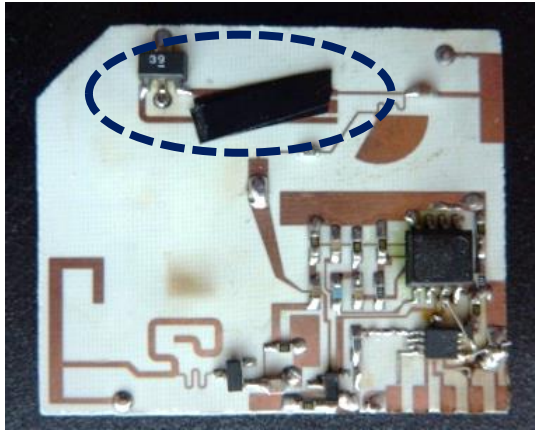
- Miniaturisation de tags



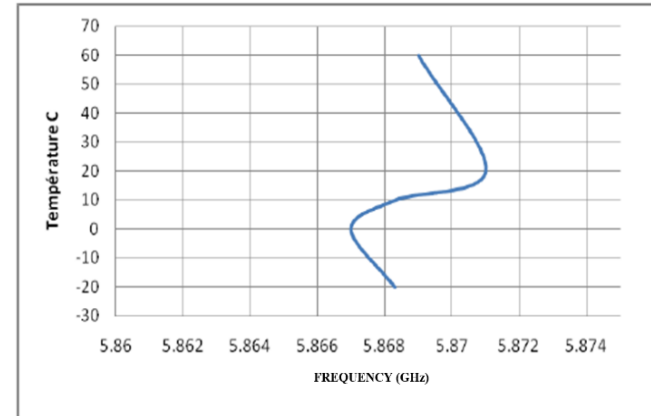
Composants, circuits et systèmes RFID

- Oscillateur stabilisé en température

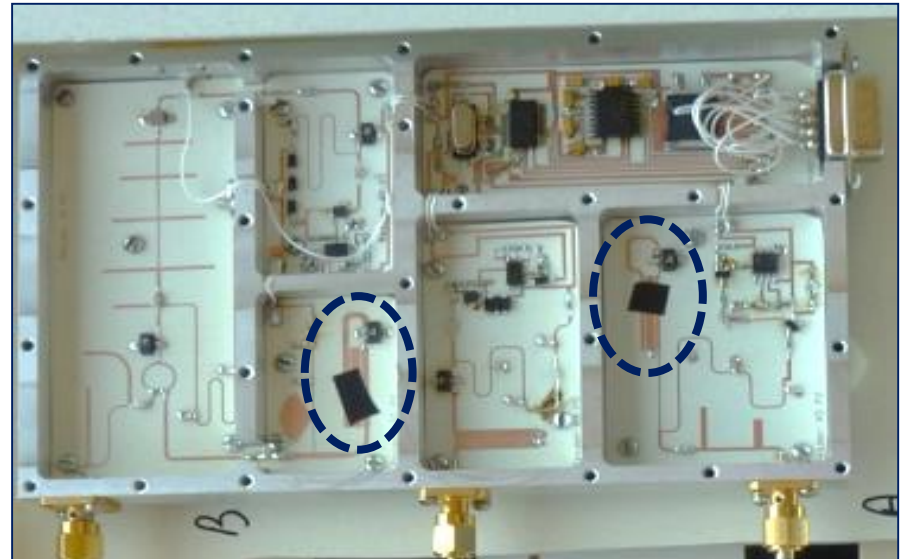
Tag RFID actif



Variation fréquentielle de 0,07%

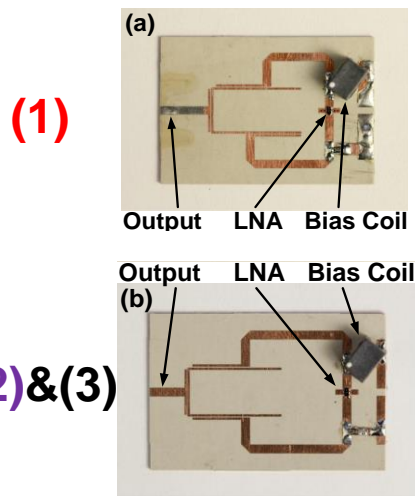
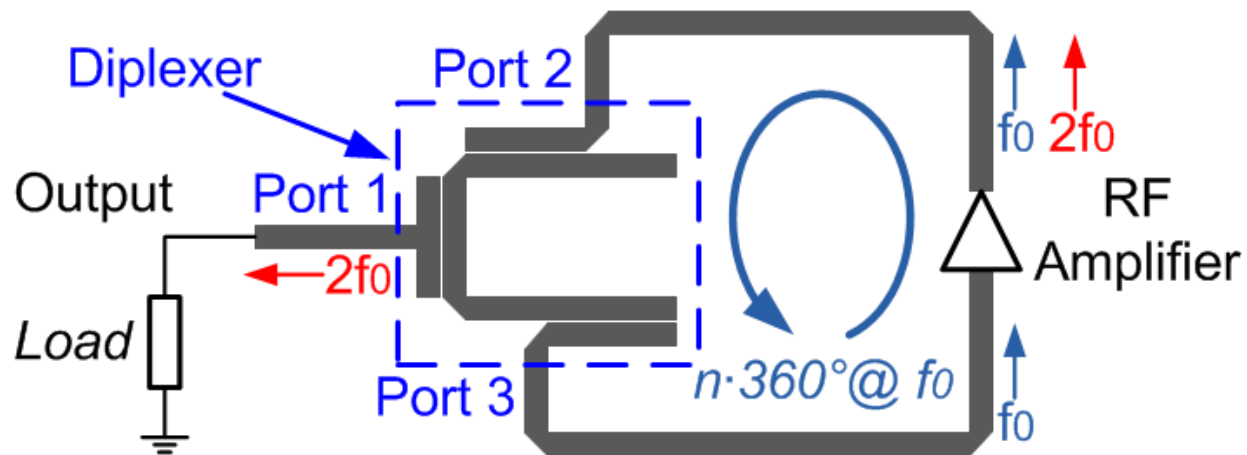
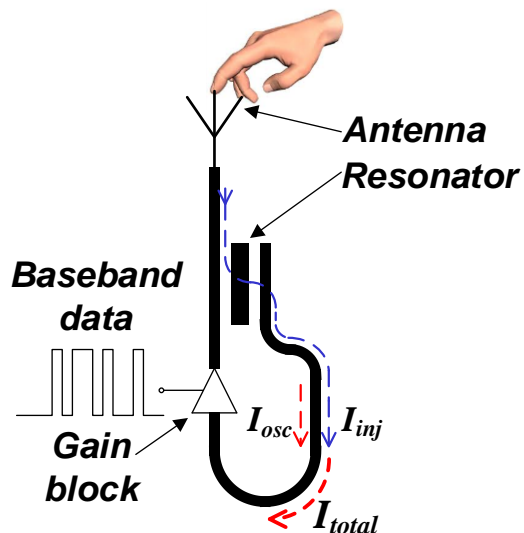


- Systeme RFID Actif

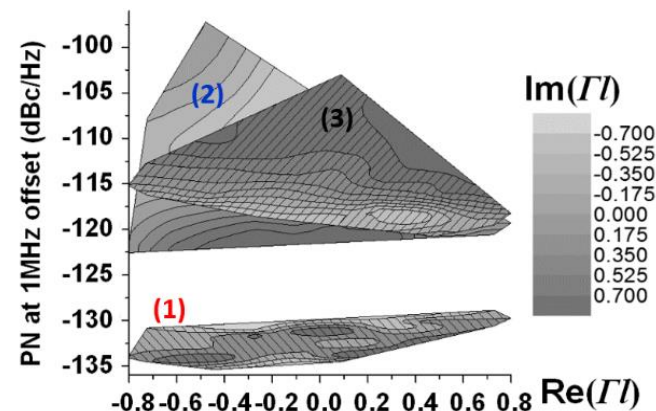
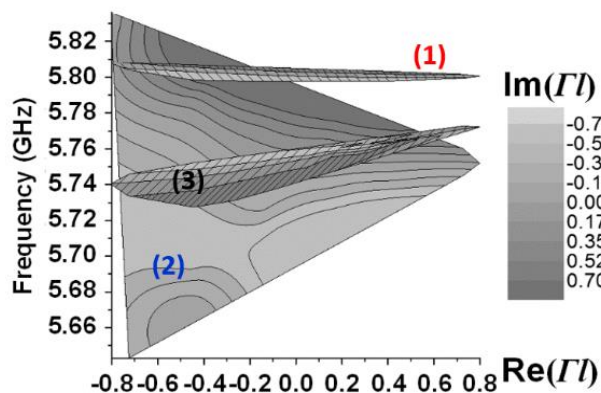


Composants, circuits et systèmes RFID

- Oscillateur stabilisé en traction de charge

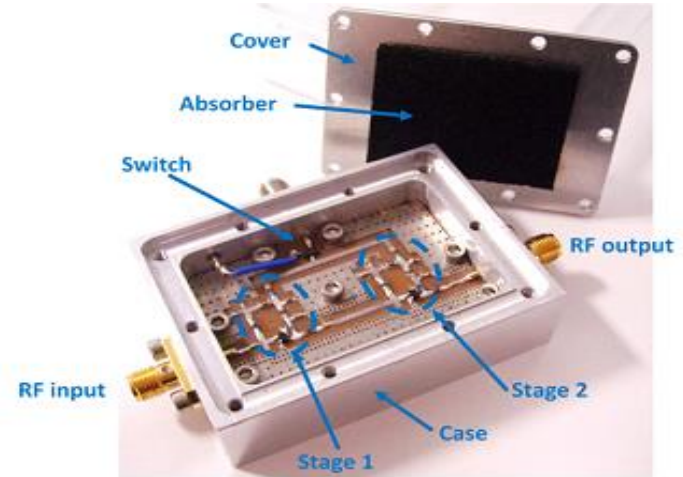
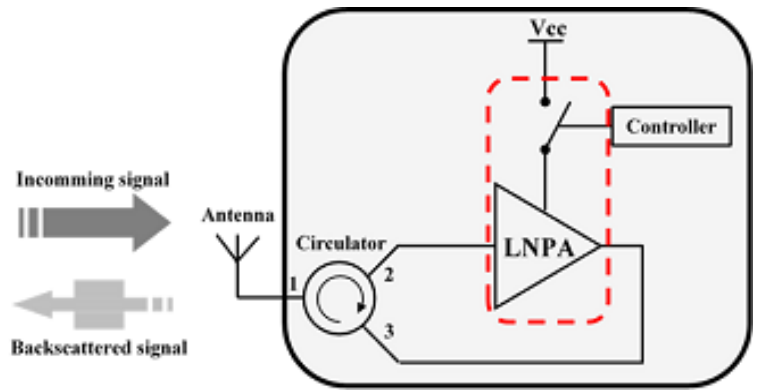


(1) Oscillateur harmonique, (2) oscillateur fondamental et (3) oscillateur fondamental avec un atténuateur de 3 dB.



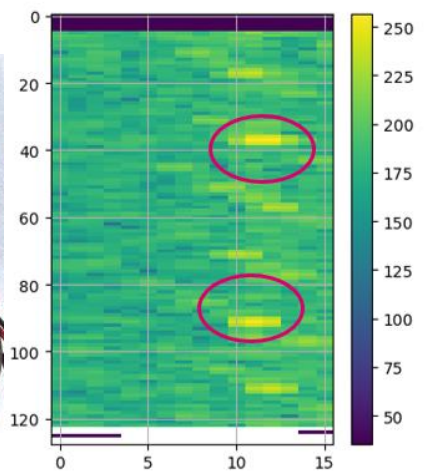
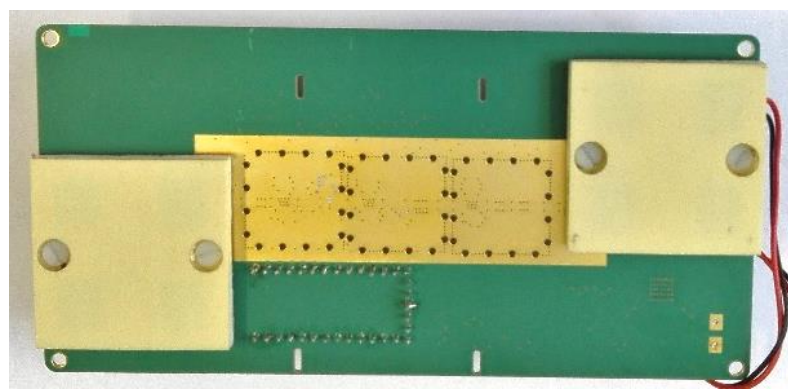
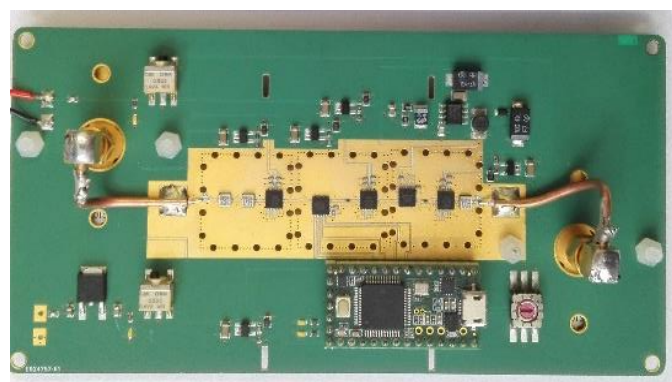
Composants, circuits et systèmes RFID

- LNPA pour balise active



- Identification par système RADAR

THALES



Sommaire

- Présentation générale
- **Synthèse des travaux de recherche**
 - Composants, circuits et systèmes RFID
 - Technologies intégrées au substrat
 - Composants et circuits intégrés actifs
- Perspectives de recherche
- Conclusion

Technologies intégrées au substrat

Guide d'ondes
volumique
(1893)

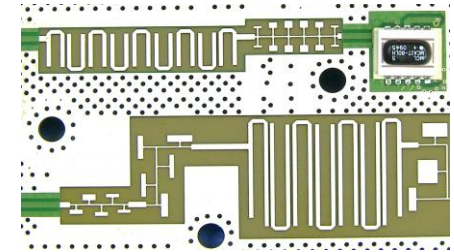


- + Pertes d'insertion faibles
- + Blindé par nature
- + Facteur de qualité élevé
- + Forte tenue en puissance

- Coût élevé
- Pas intégré
- Lourd
- Complexe à fabriquer



Circuits imprimés
(1952)

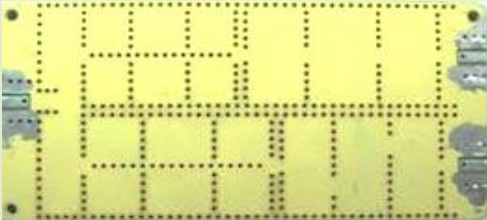


- + Faible coût
- + Haute densité d'intégration
- + Faible poids

- Pertes d'insertion élevées
- Facteur de qualité faible
- Faible tenue en puissance
- Blindage nécessaire

Technologies intégrées au substrat

SIW (2000)

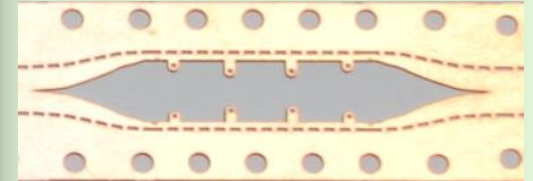


- + Faible coût
- + Haute densité d'intégration
- + Faible poids
- + Blindé par nature

- Pertes d'insertion moyennes
- Facteur de qualité moyen
- Tenue en puissance moyenne



AFSIW (2013)

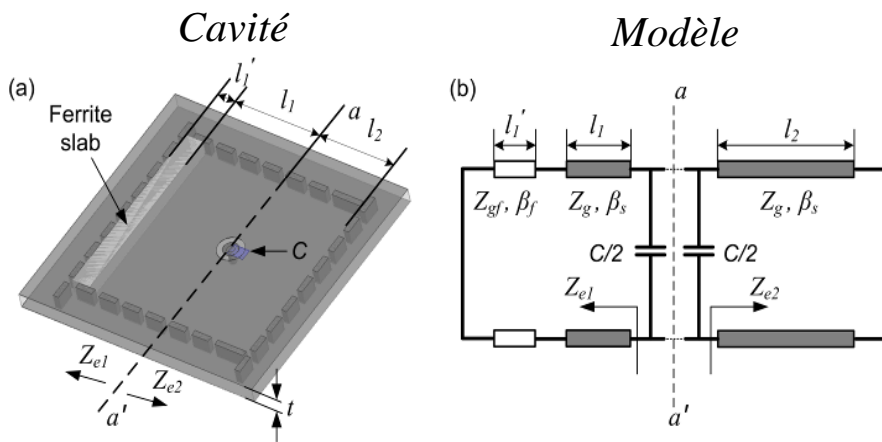


- + Faible coût
- + Haute densité d'intégration
- + Faible poids
- + Blindé par nature
- + Pertes d'insertion faibles
- + Facteur de qualité élevé
- + Forte tenue en puissance
- + Structure multicouche

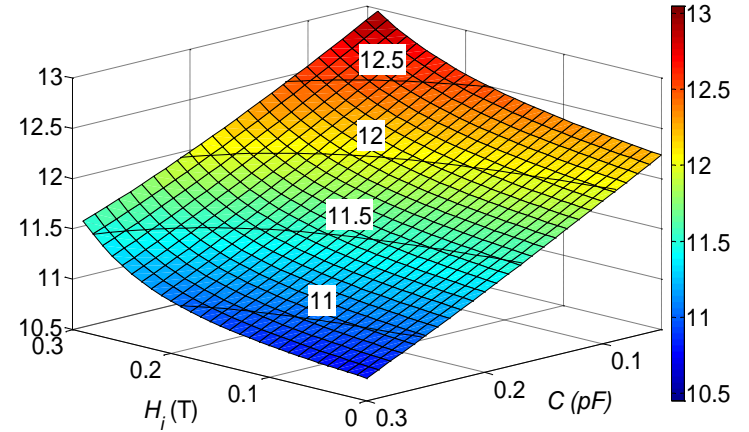
Technologies intégrées au substrat

- Accordabilité de composants SIW

– Cavité à double accordabilité

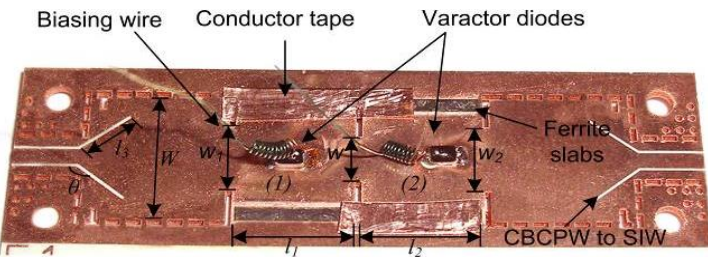


Fréquence de résonance

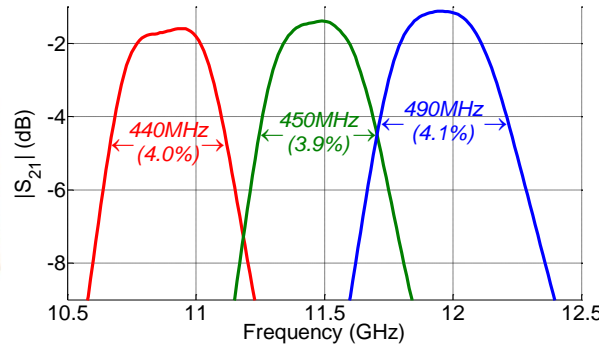


– Démonstration d'un filtre

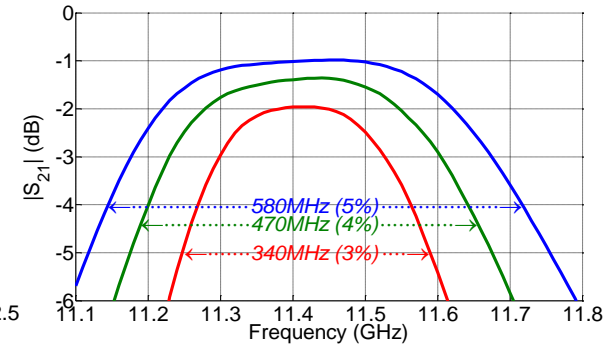
Filtre du 2^{ème} ordre



Contrôle de la fréquence

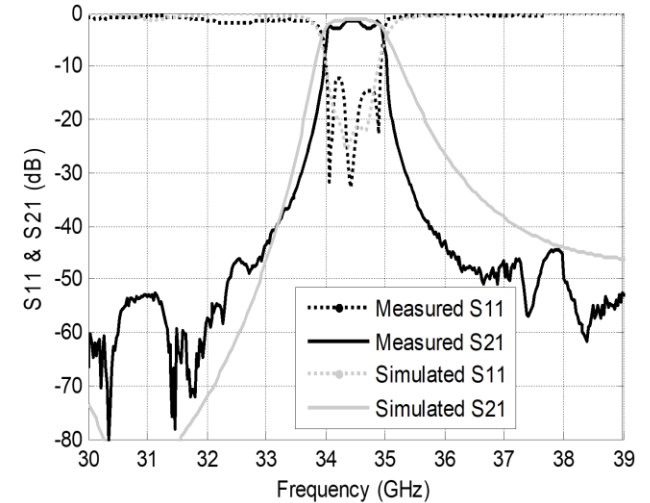
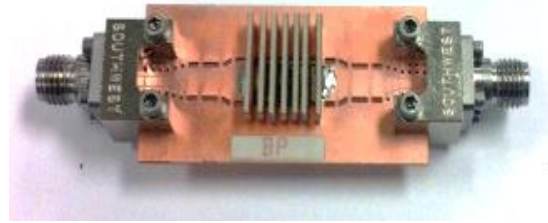
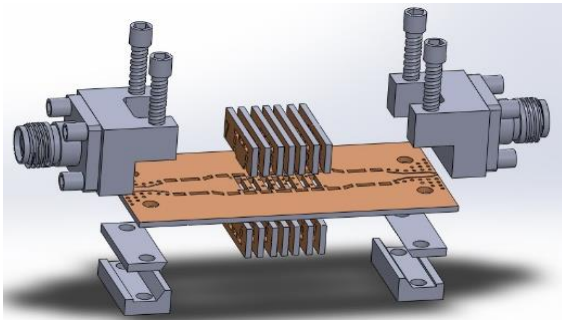


Contrôle de la bande passante

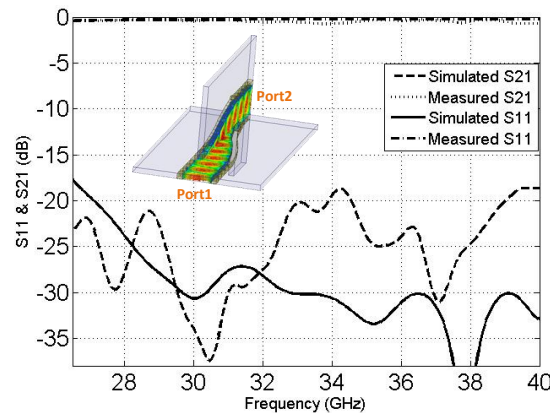


Technologies intégrées au substrat

- Composants SIW 3D
 - Filtre compacte du 7^{ème} ordre

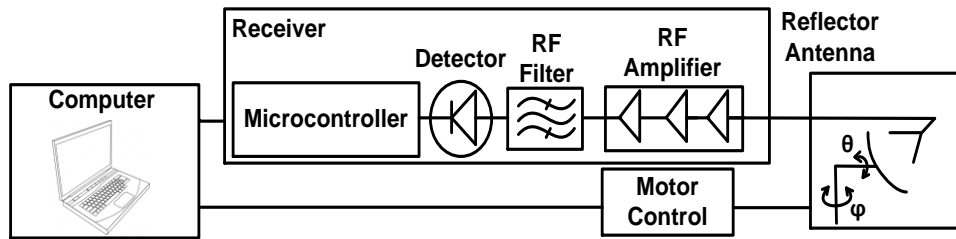


- Guide torsadé

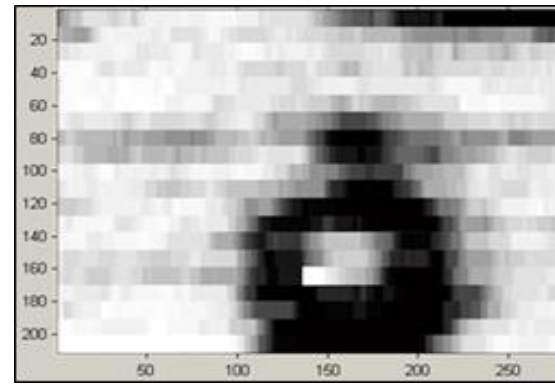
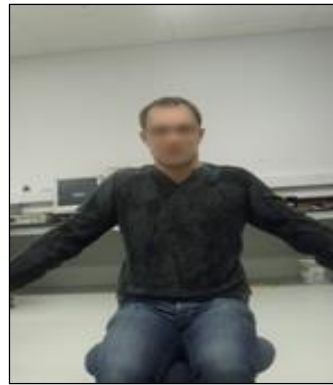
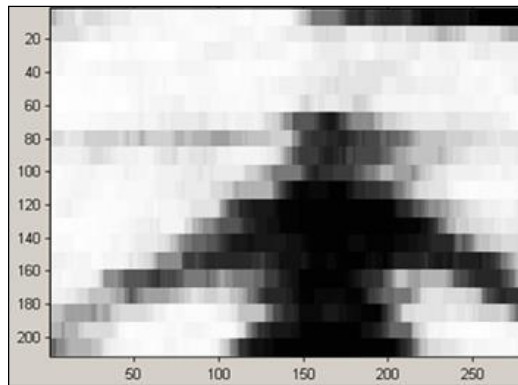
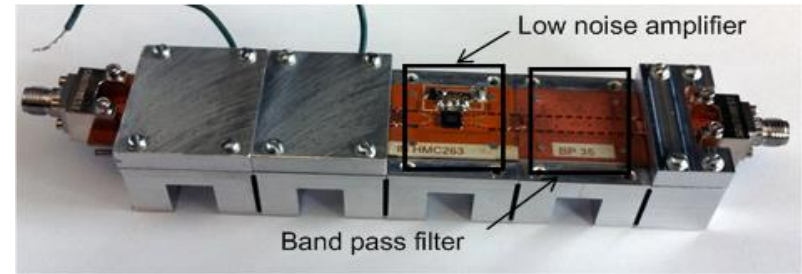


Technologies intégrées au substrat

- Système SIW d'imagerie passive

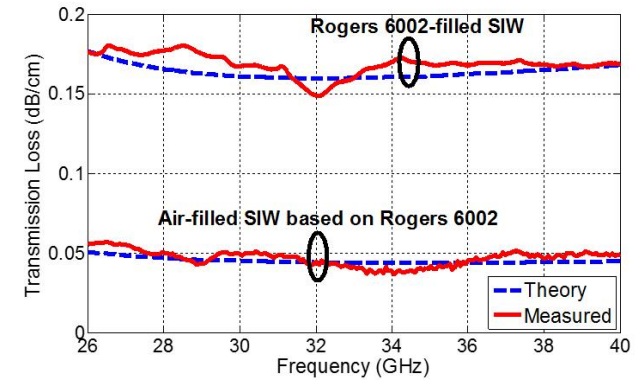
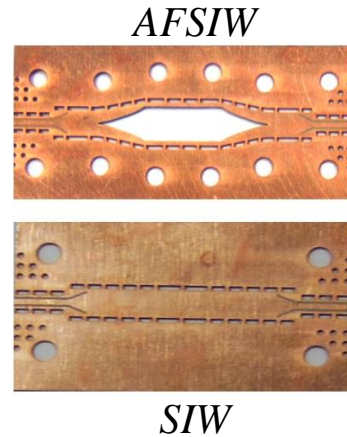
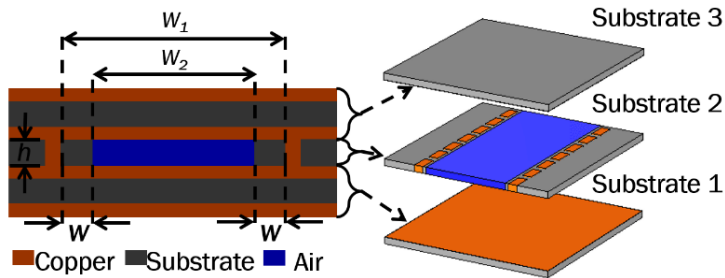


Chaîne RF à 35GHz



Technologies intégrées au substrat

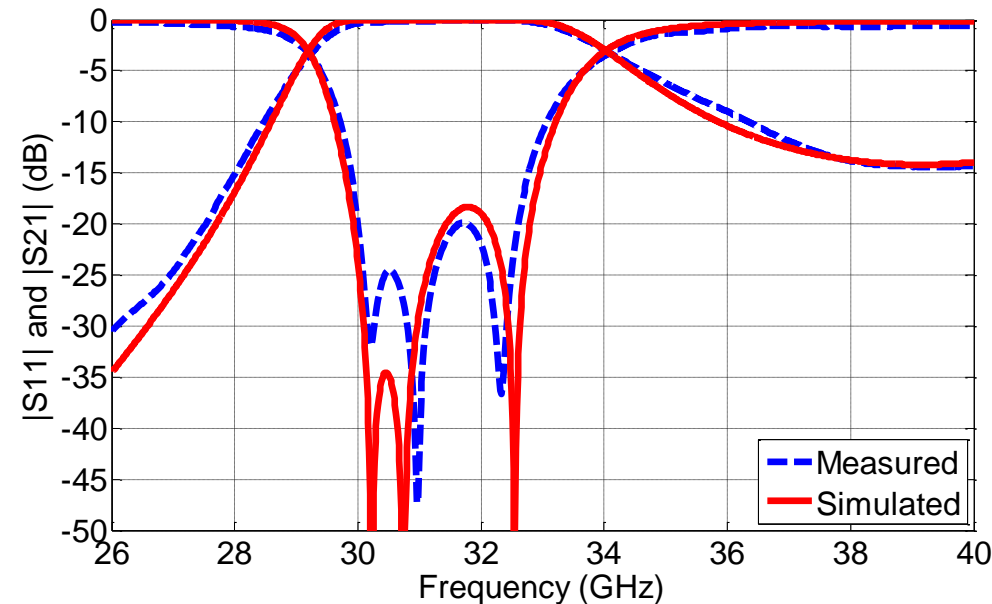
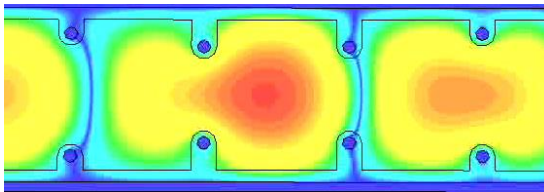
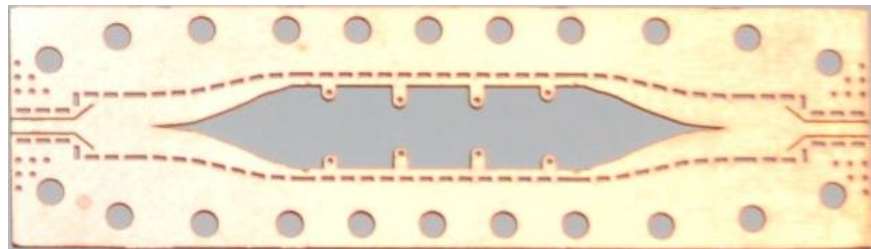
- Technologie AFSIW haute performance



à 33 GHz	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

Technologies intégrées au substrat

- Démonstration de filtres



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

Sommaire

- Présentation générale
- **Synthèse des travaux de recherche**
 - Composants, circuits et systèmes RFID
 - Technologies intégrées au substrat
 - **Composants et circuits intégrés actifs**
- Perspectives de recherche
- Conclusion

Composants et circuits intégrés actifs

- Amplificateur de puissance BiCMOS

Schéma du PA SiGe
(8,5 à 10,5 GHz)

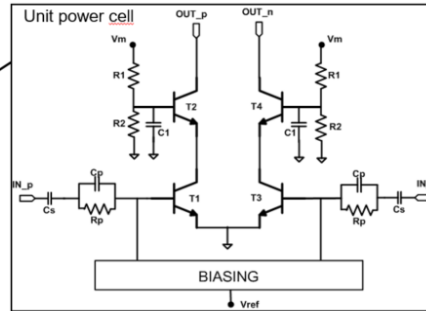
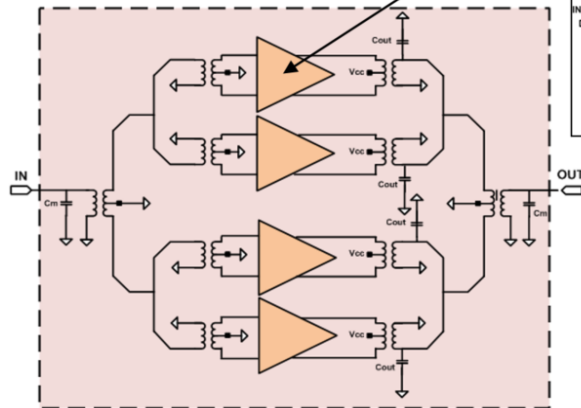
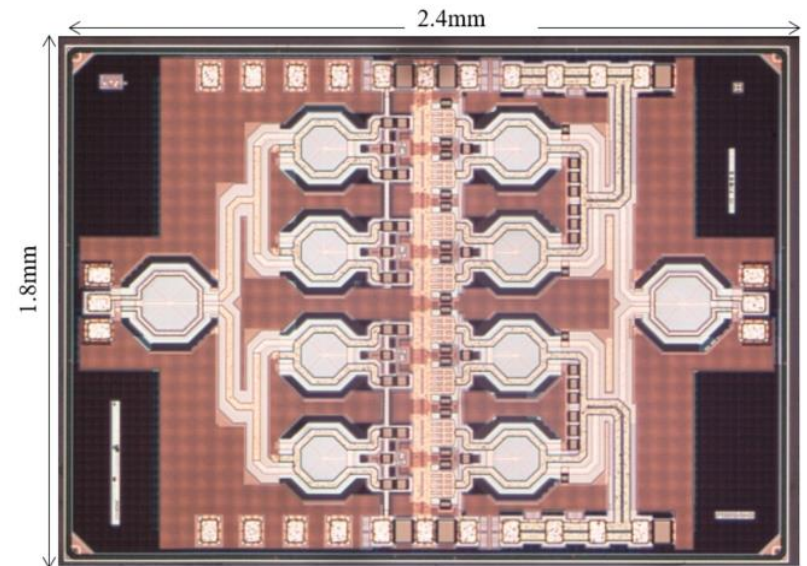
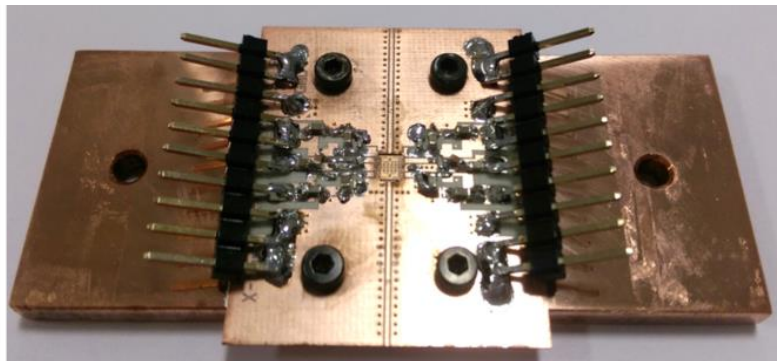


Photo de la puce



Puce amincie, reportée et câblée



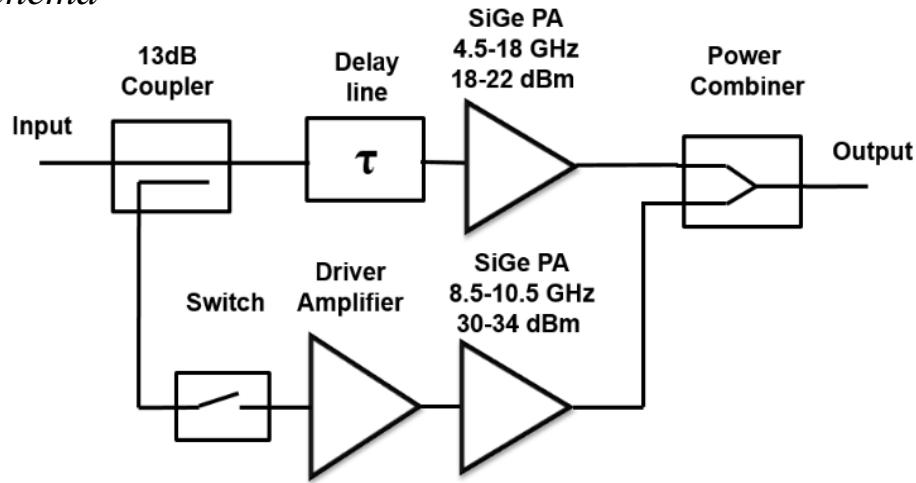
Résultats de mesure

T_{base} (°C)	0	20	40	60
P_{sat} (dBm)	33,46	33,27	33,07	32,87
Gain (dB)	15,6	15,17	14,63	14,23
Max. PAE (%)	32,15	31,08	29,85	28,80

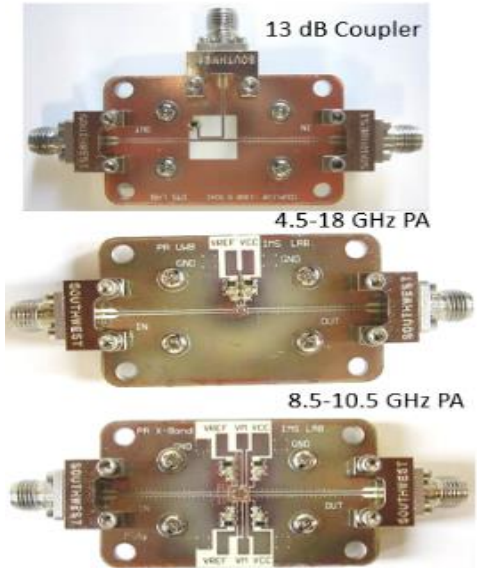
Composants et circuits intégrés actifs

- Amplificateur de puissance reconfigurable

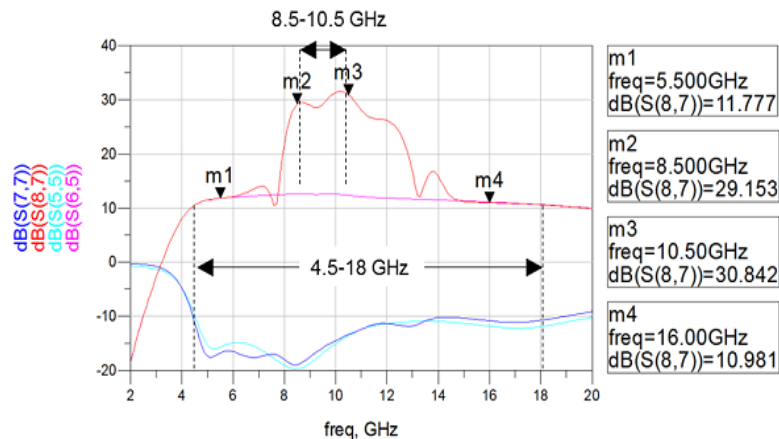
Schéma



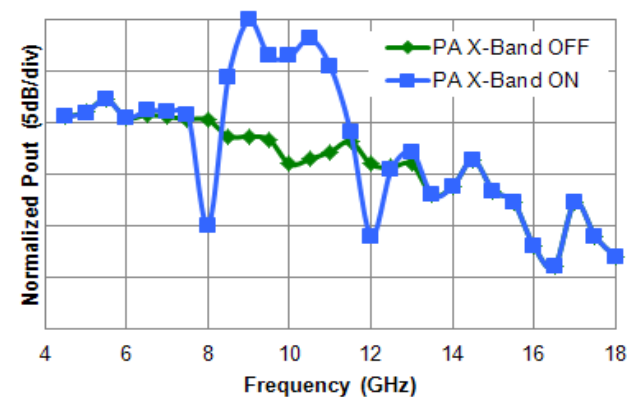
Modules



Paramètres S



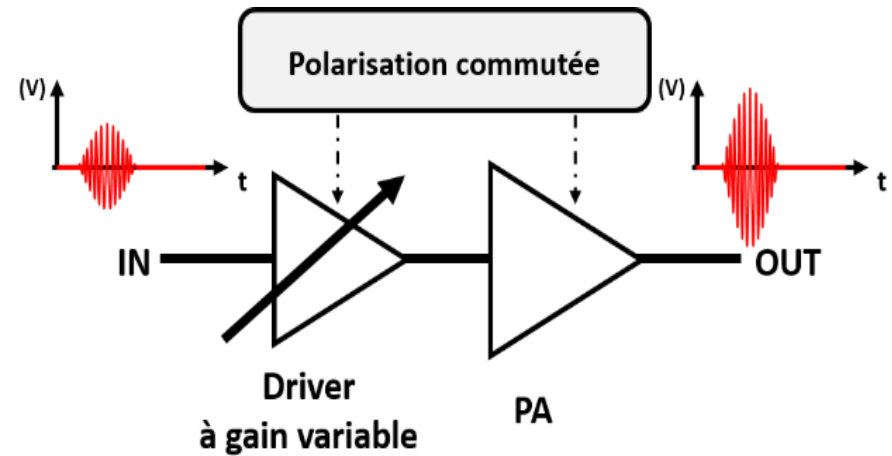
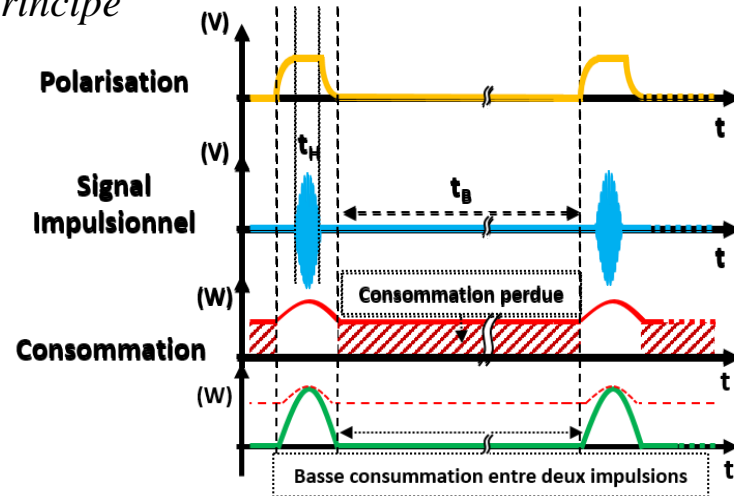
Puissance de sortie normalisée



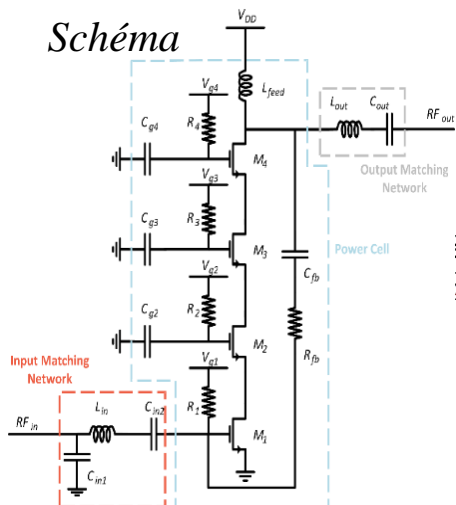
Composants et circuits intégrés actifs

- Amplificateur de puissance UWB

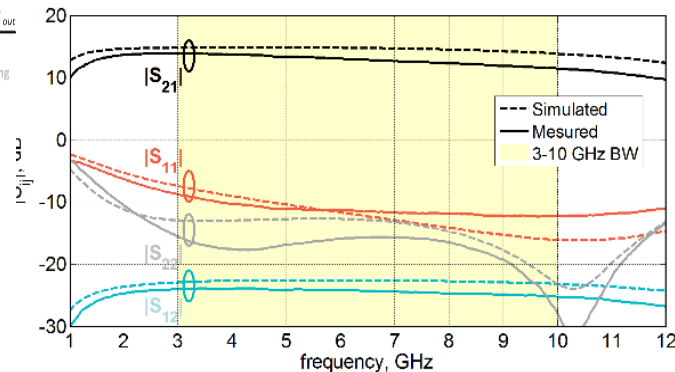
Principe



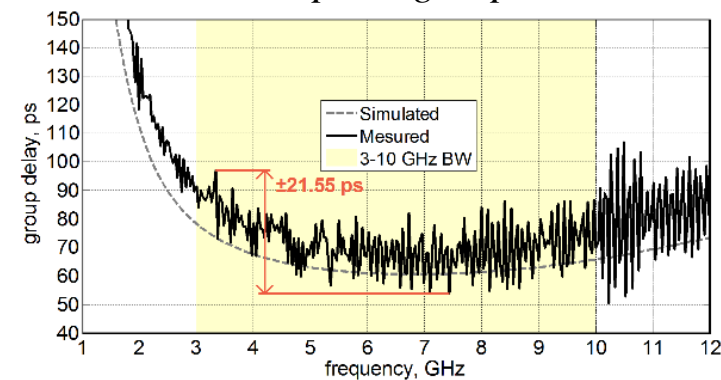
Schéma



Paramètres S



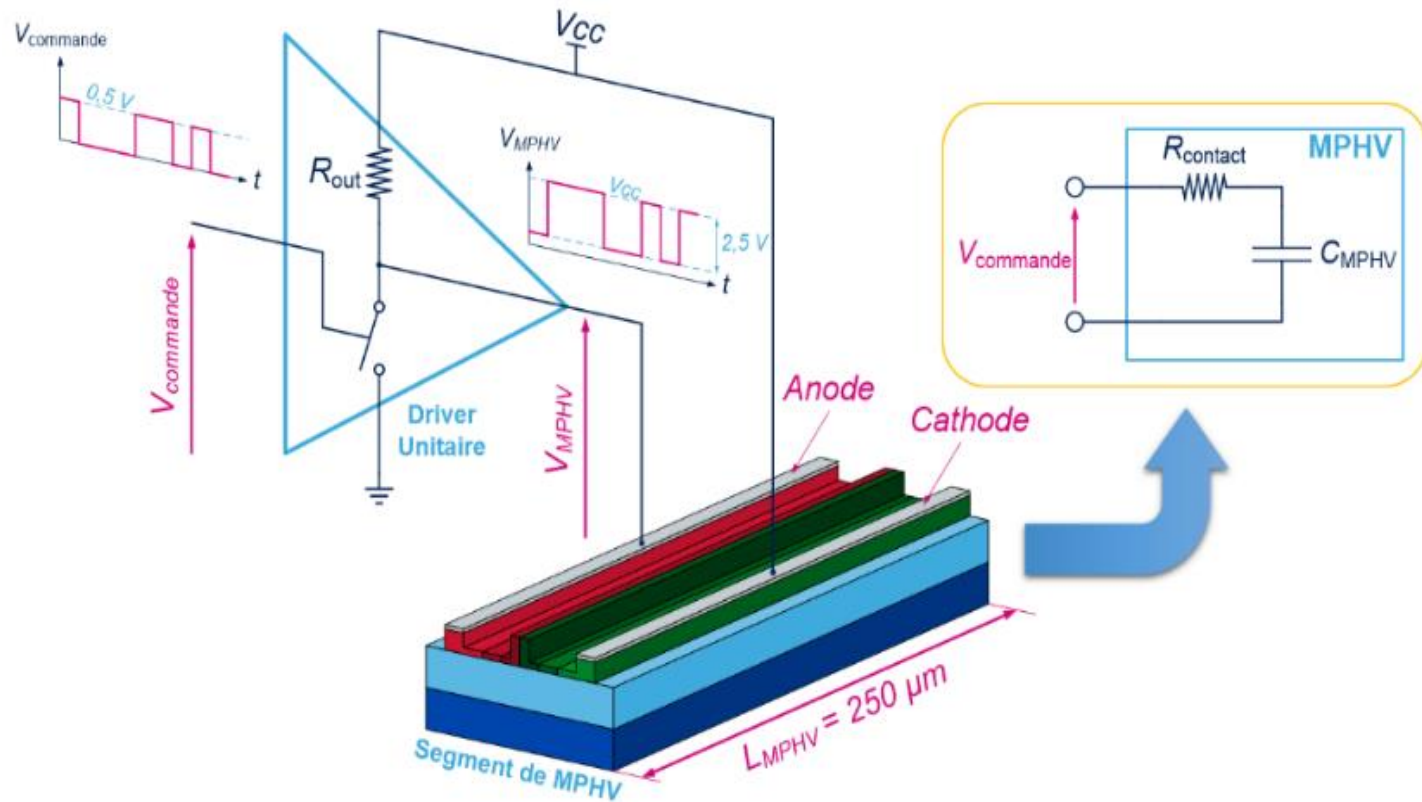
Temps de groupe



Composants et circuits intégrés actifs

- Driver de modulateur optique 100 Gbs/s

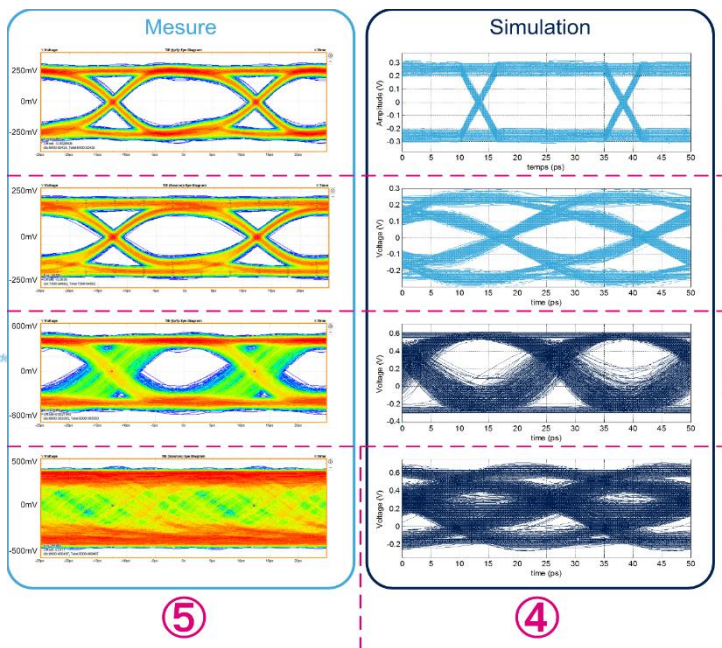
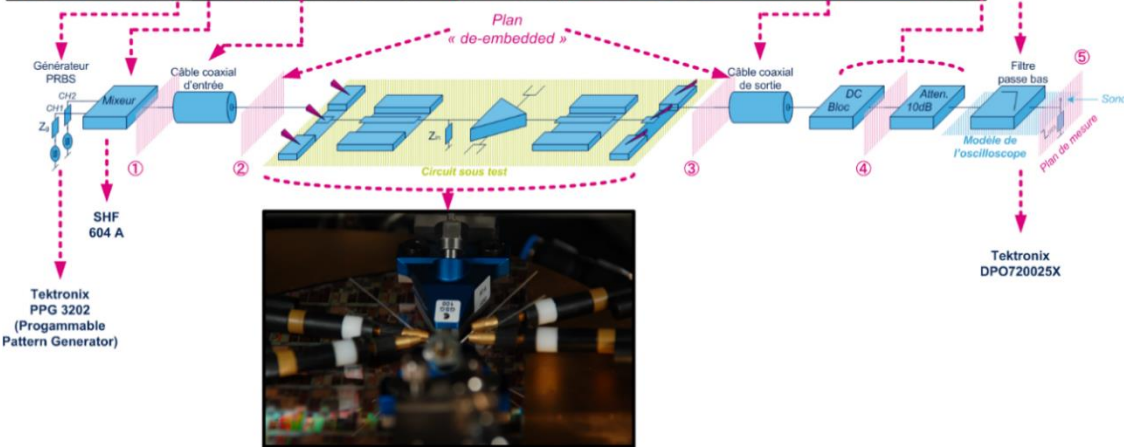
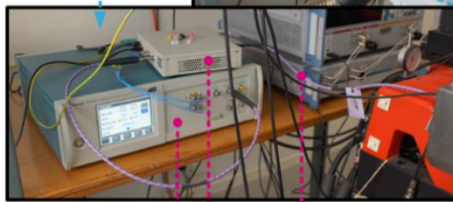
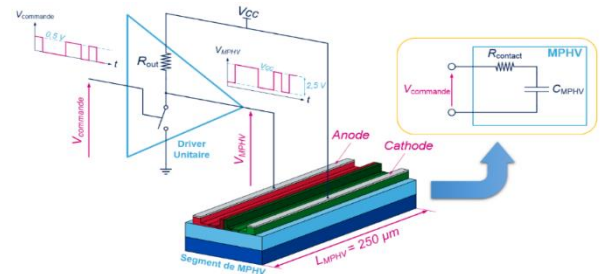
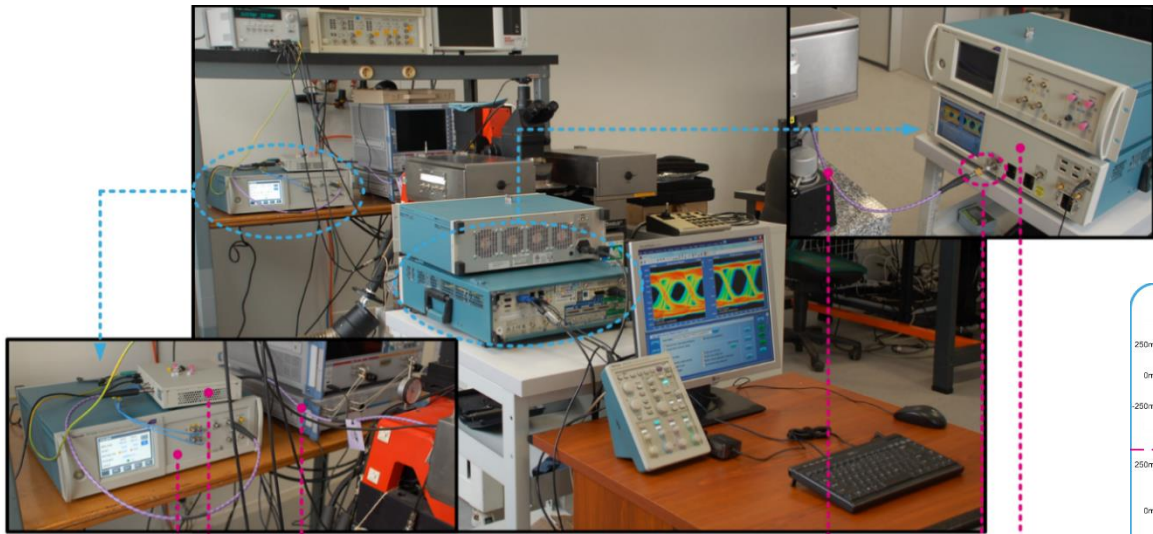
Tektronix®



Composants et circuits intégrés actifs

- Driver de modulateur optique 100 Gbs/s

Tektronix®



①

②

③

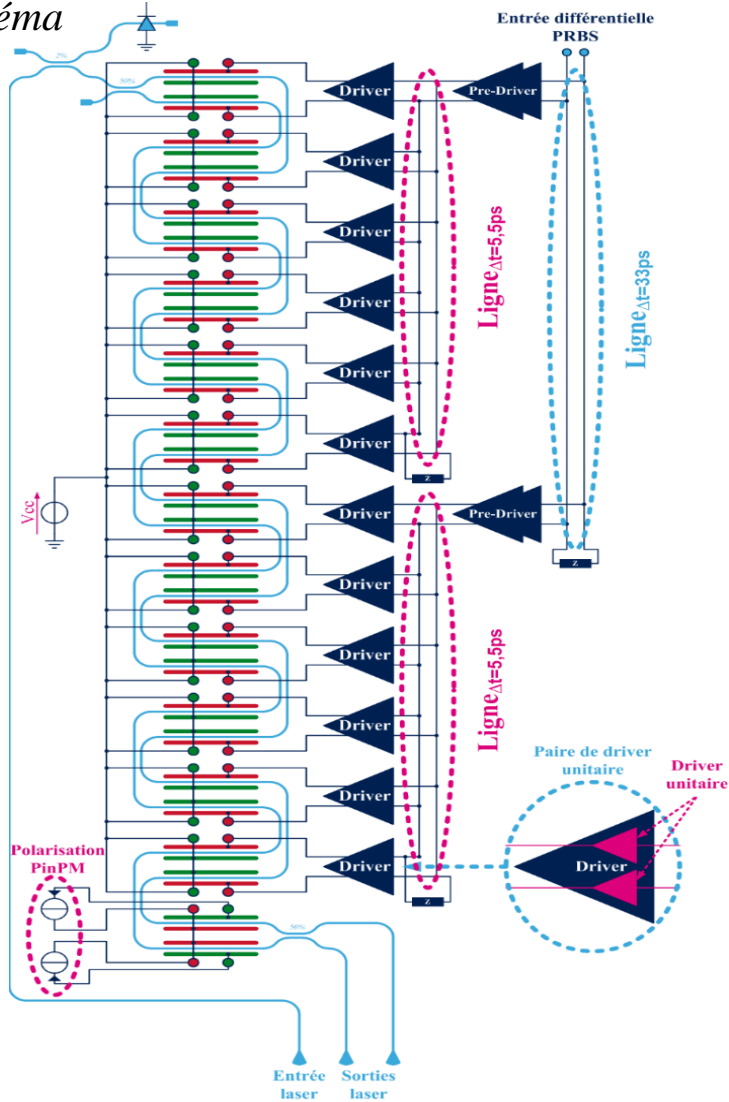
⑤

④

Composants et circuits intégrés actifs

- Modulateur optique 100GBs/s

Schéma



Layout

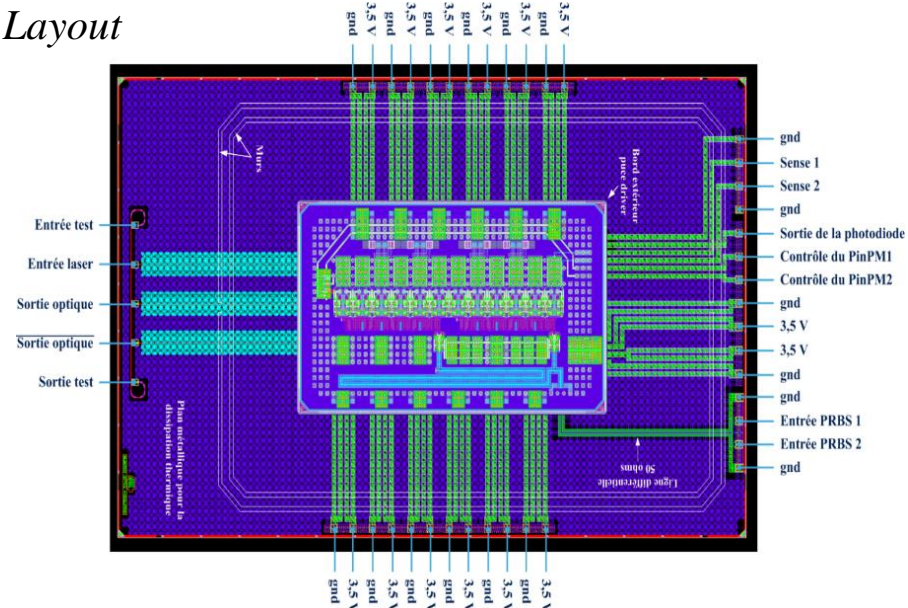
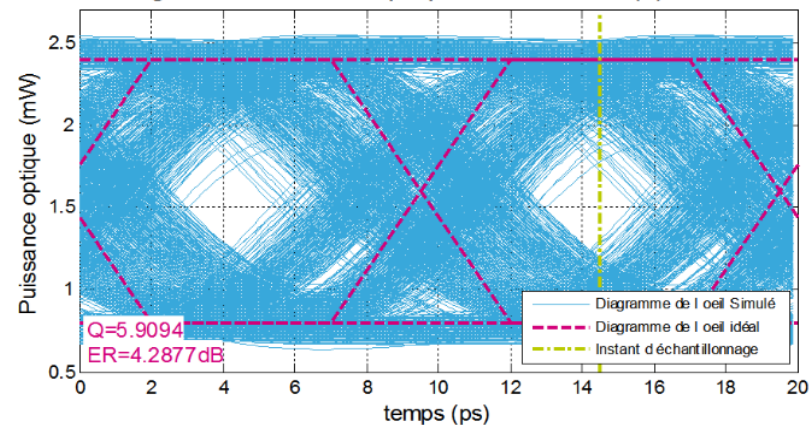
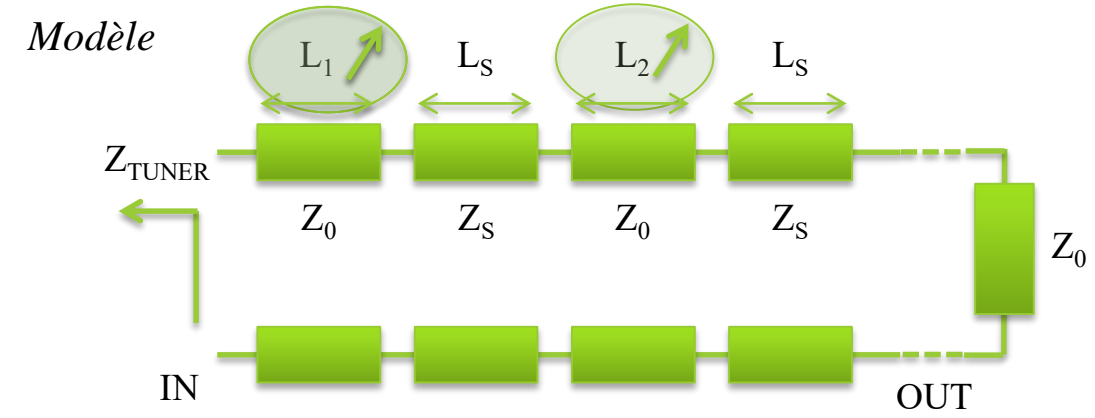
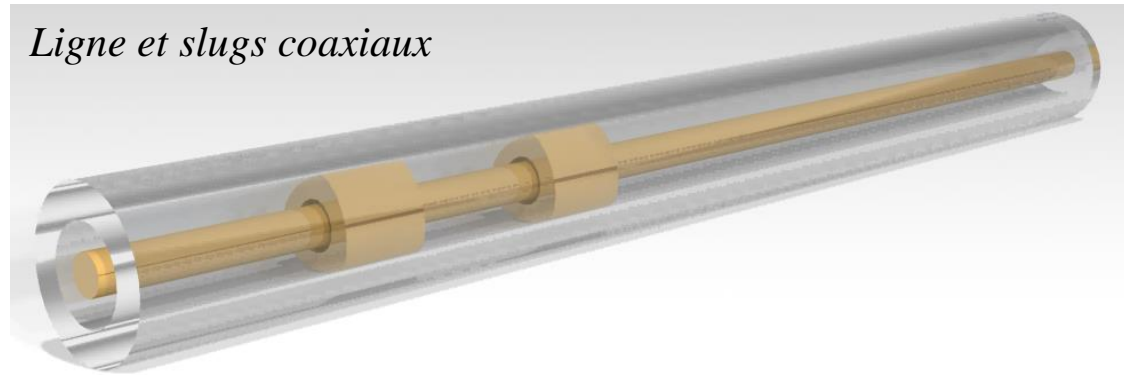
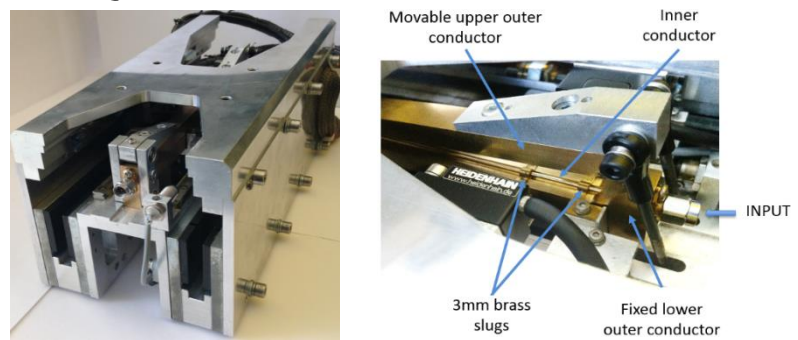


Diagramme de l'œil optique en sortie (1) du MMZ

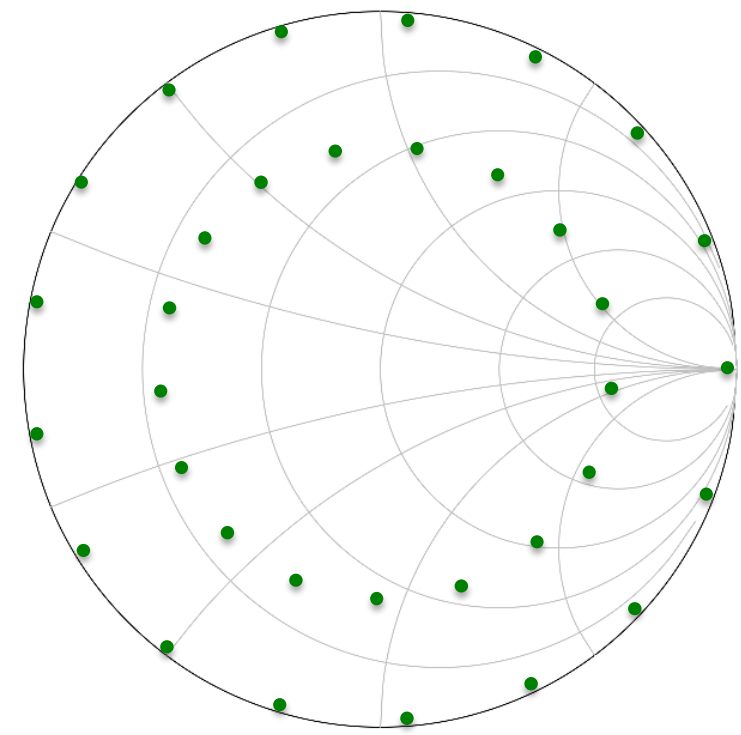


Composants et circuits intégrés actifs

- Synthétiseur d'impédance



$$VSWR_{MAX} : L_2 = \lambda/4$$



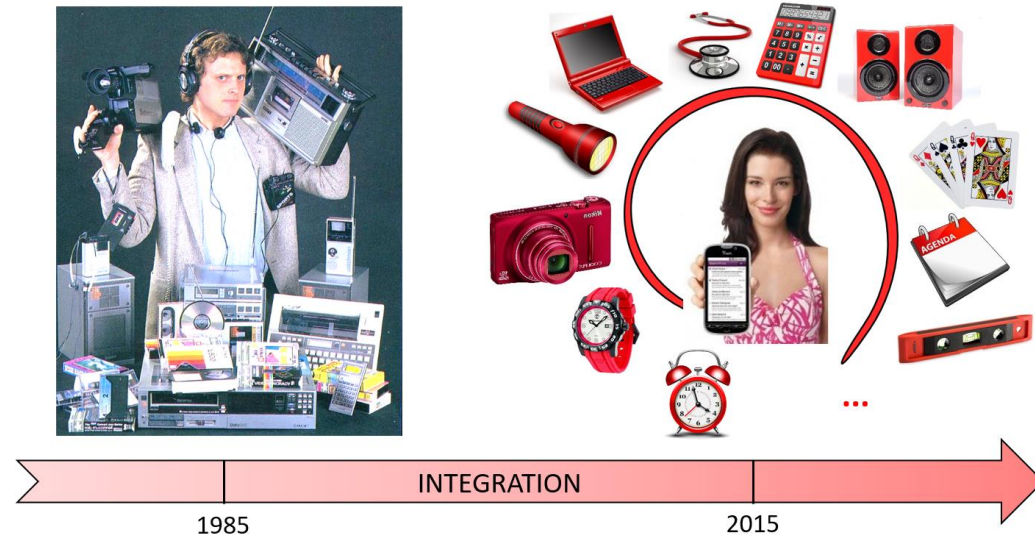
Sommaire

- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
- Perspectives de recherche
 - Technologies intégrées au substrat
 - Composants et circuits intégrés actifs
 - Liaisons millimétriques par guide plastique
- Conclusion

Perspectives de recherche

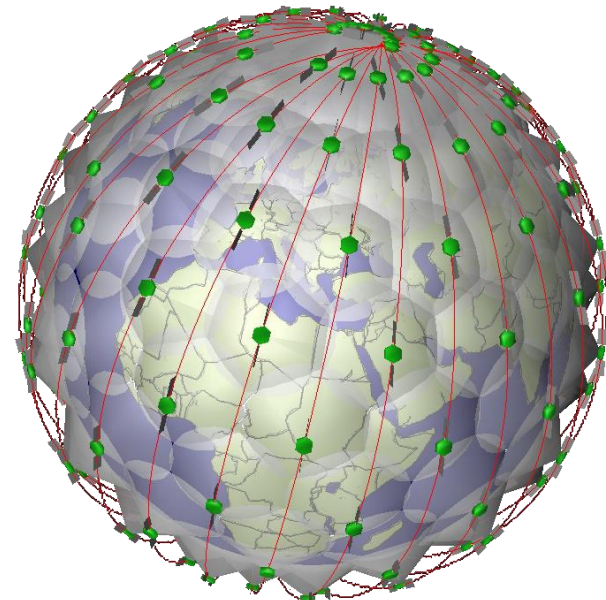
- **Tendances :**

- Intégration
- Montée en fréquence
- Performances accrues
- Réduction des coûts



- **Applications émergentes :**

- Constellations de satellites
- Véhicules autonomes
- 5G
- IoT
- ...



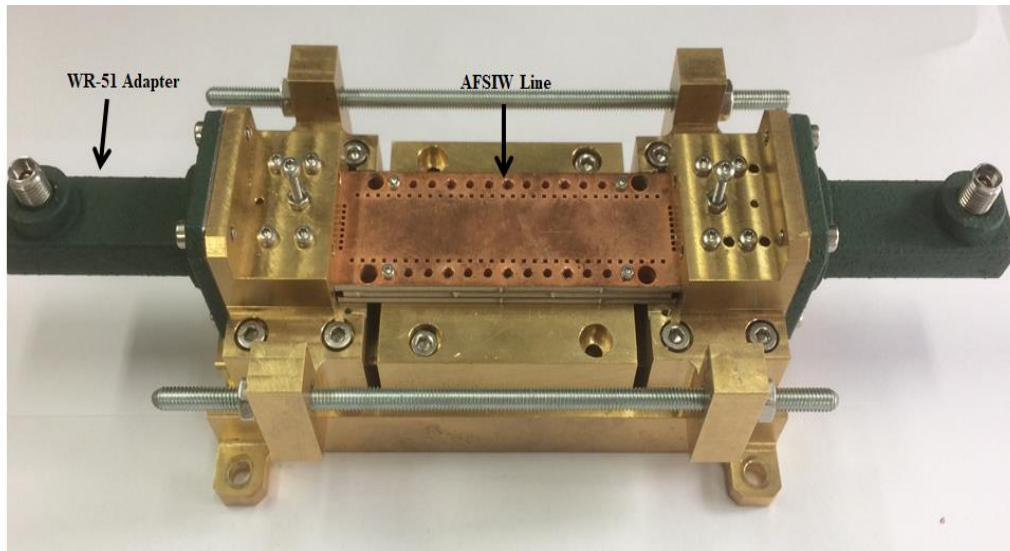
Technologies intégrées au substrat

COBHAM



- Filtre AFSIW pour application spatiale
 - Etude en environnement spatial
 - Etude en puissance
 - Développement de la technologie

Monture de test en puissance



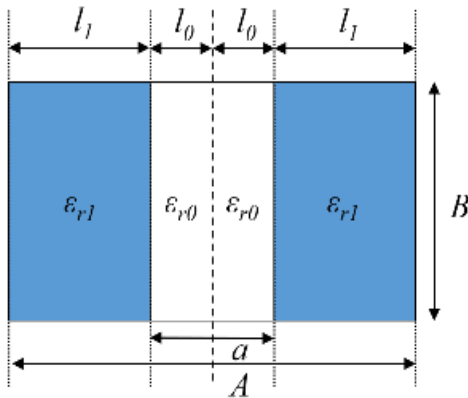
Banc de test en puissance sous vide



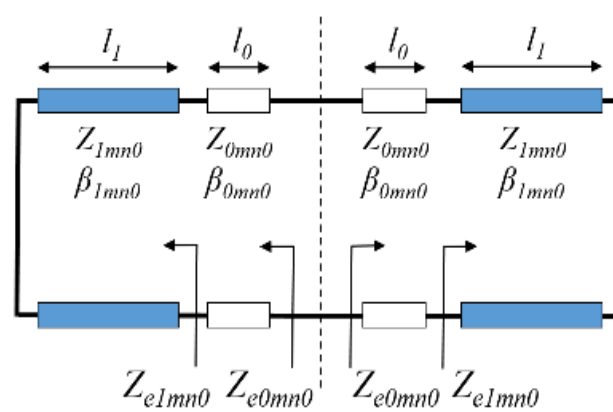
Technologies intégrées au substrat

- Structures multimodes AFSIW

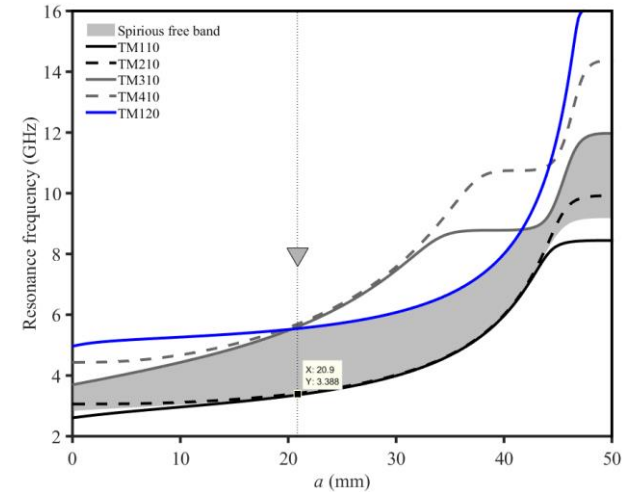
Cavité multimodes AFSIW



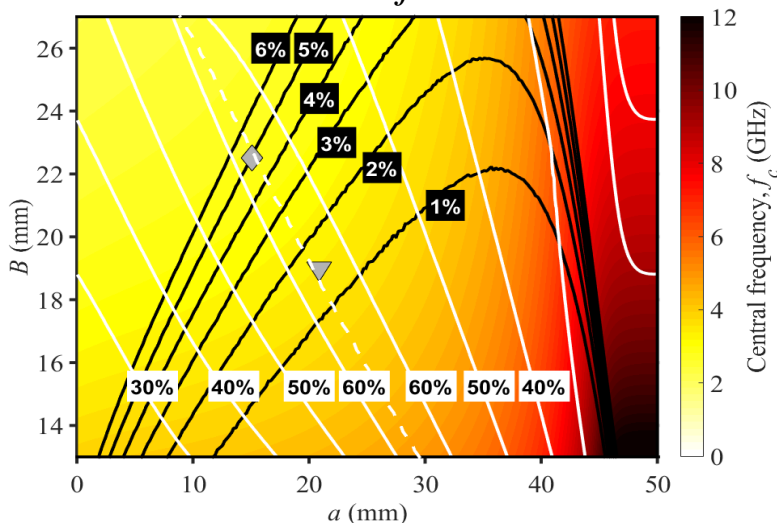
Modèle



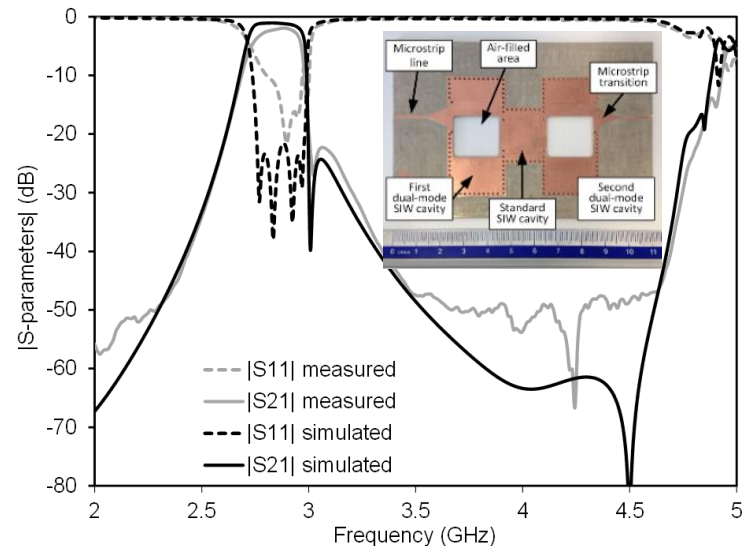
Résonances



Fréquence centrale, bande passante et bande de rejection



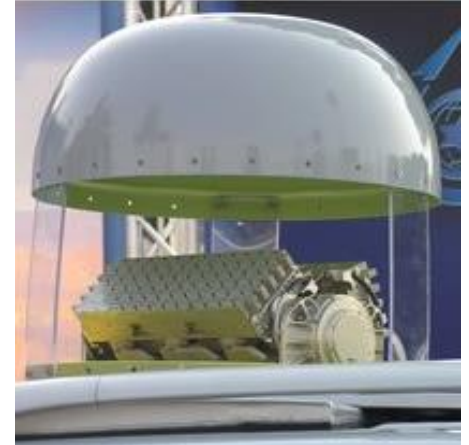
Filtre d'ordre 4



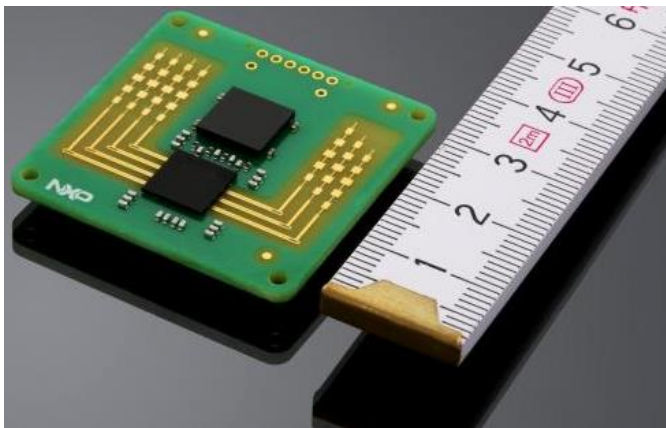
Technologies intégrées au substrat

- AFSIW System on Substrate (SoS)
 - SATCOM
 - RADAR
 - Station de base 5G
 - Charge utile de nano-satellite

Station SATCOM d'Aéronef



Radar automobile



Station de base 5G



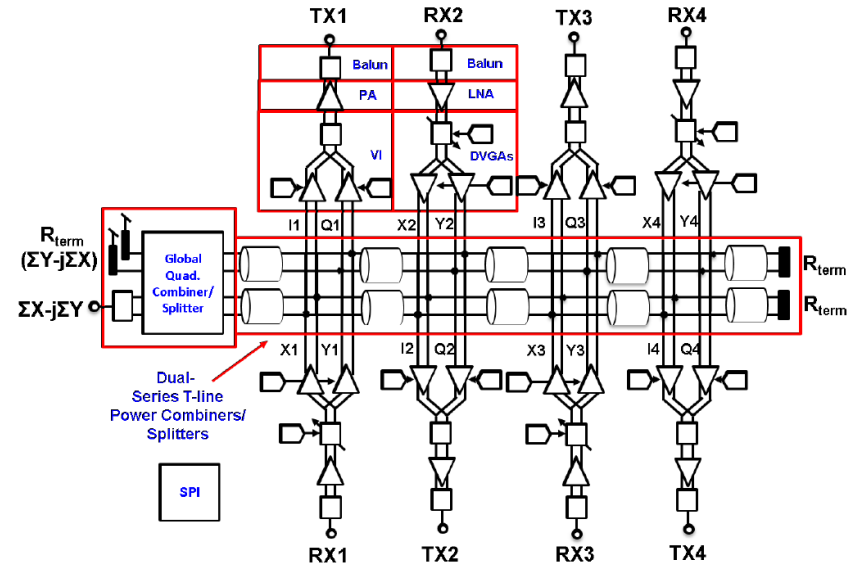
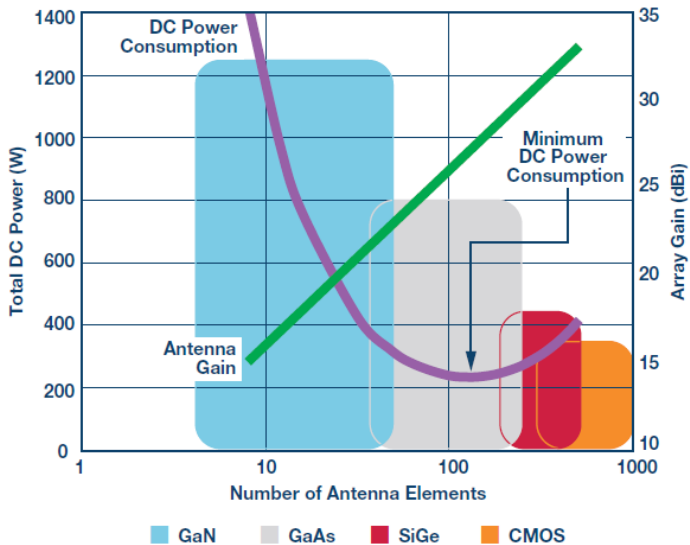
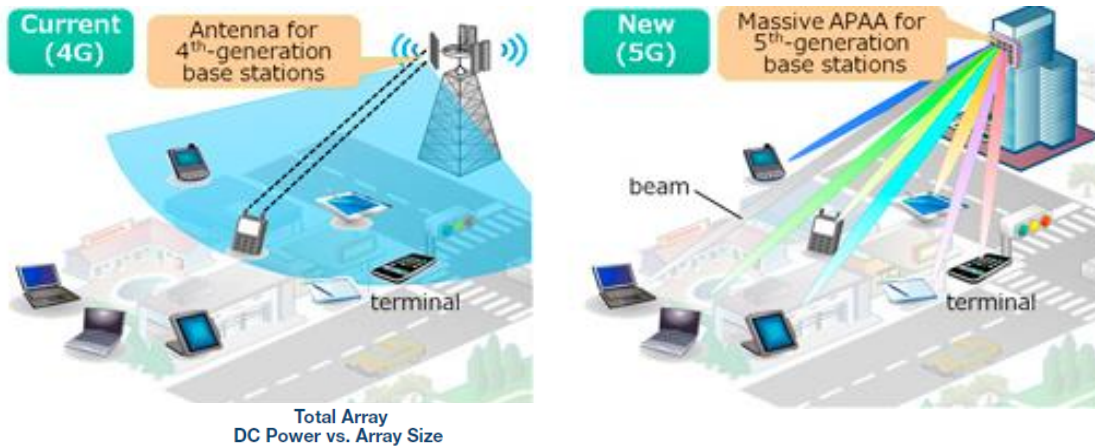
Nano-satellite



Circuits actifs intégrés

- Transmissions pour la 5G

Mitsubishi Electric, “Mitsubishi Electric's new multibeam multiplexing 5G technology achieves 20Gbps throughput,” Jan. 2016



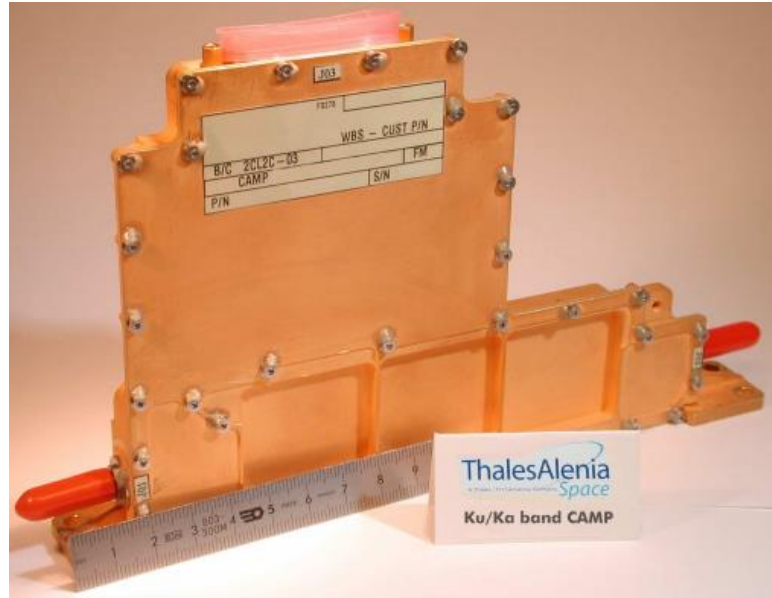
Analog Device, “RF Technology for the 5G mmW Radio,” T. Cameron, 2016

Y-S. Yeh & al. “A 28-GHz Phased-Array Transceiver with Series-Fed Dual-Vector Distributed Beamforming ,” RFIC 2017

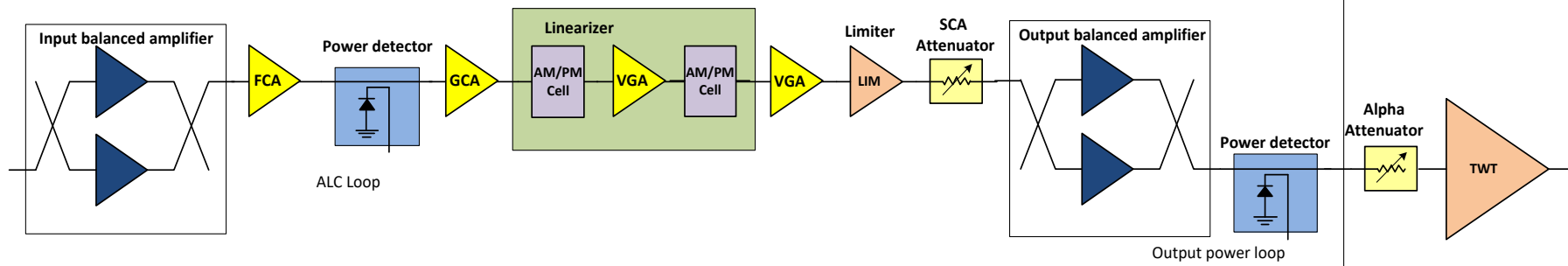
Circuits actifs intégrés

- BiCMOS pour applications spatiales

Chaîne de linéarisation et d'amplification en technologie AsGa

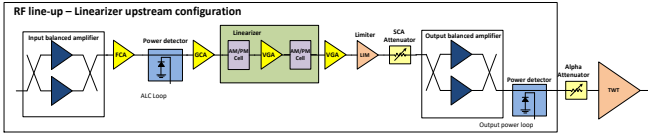


RF line-up – Linearizer upstream configuration

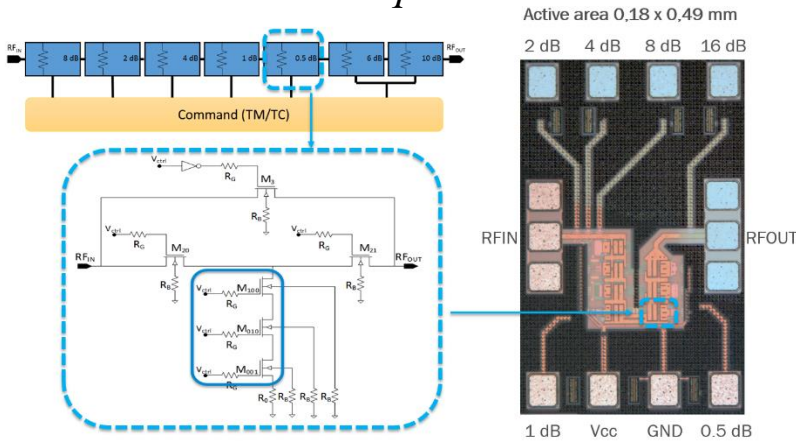


Circuits actifs intégrés

- BiCMOS pour applications spatiales

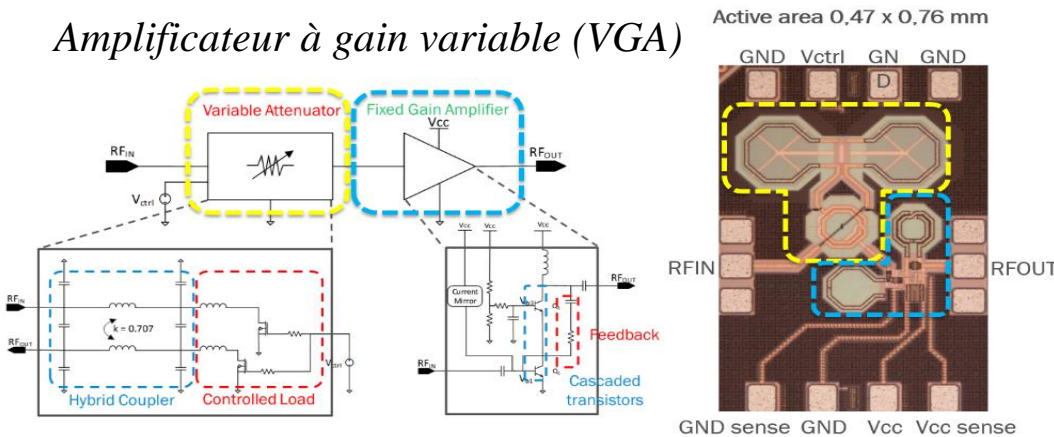


Atténuateur variable numérique



Digital Attenuator Specification	Mesure
Frequency	[17.3 ; 20.2] GHz
Attenuation range	0 – 31.5 dB
Flatness	1.8 dBpp
- over frequency range	0.14 dBpp
- over 500 MHz	
AMPM < 0.2°	> 13 dBm

Amplificateur à gain variable (VGA)

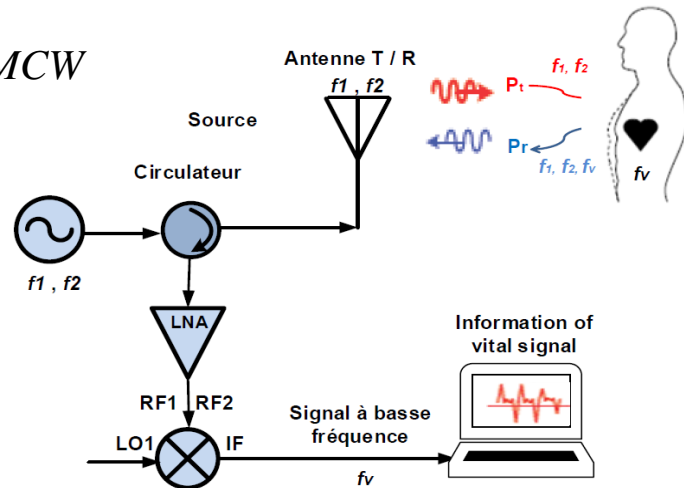


VGA – performances	Measurement	
Frequency range	[17.3 GHz ; 20.2 GHz]	
Gain range	[0 ; 12] dB	
Flatness vs frequency	1.4 dBpp	
Flatness vs control range	1.5 dB	
VGA AM/PM < +/-0.2° @ 17.3 GHz	-11 dBm @ min gain	-15 dBm @ max gain
Supply voltage	3 V	
Supply current	47 mA	
Operating temperature	-15°C to +65°C	

Circuits actifs intégrés

- Composants et circuits multiharmoniques
 - Effort conséquent dans la conception de PA pour limiter la génération d'harmoniques et augmenter l'efficacité
 - Proposition de concevoir des classes de PA multiharmoniques pour la conception de systèmes multiharmoniques

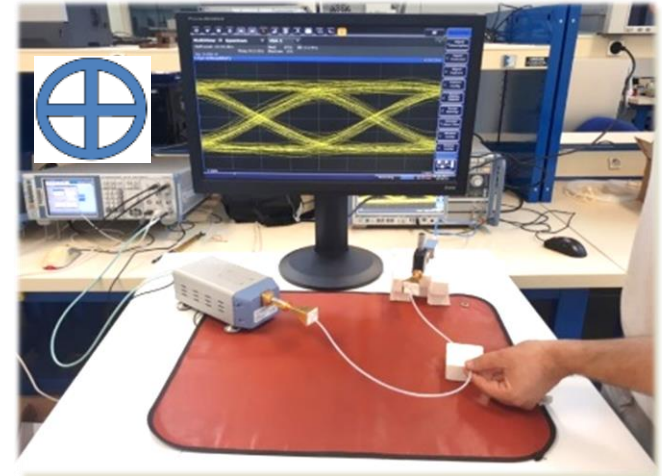
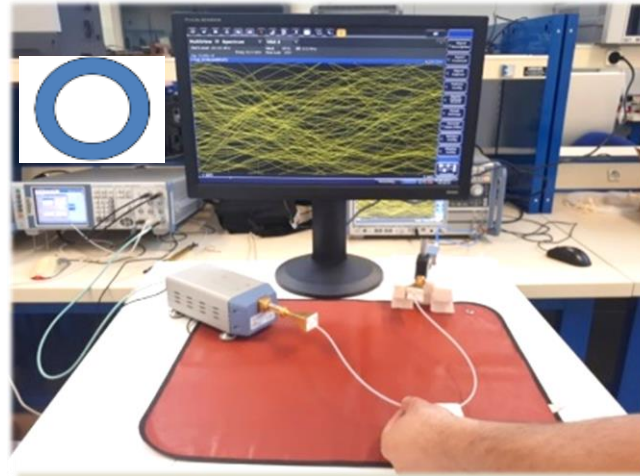
Radar harmonique FMCW



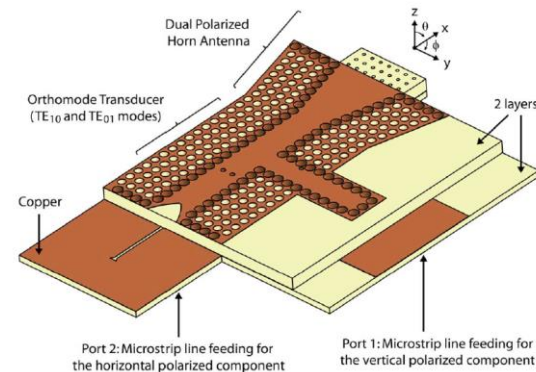
Liens par guides d'ondes plastiques millimétriques

- Guides plastiques / Transitions / Transceiver

Guide EzLink



Transmission sur 28m



Orthomode SIW

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.

Sommaire

- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
- Perspectives de recherche
- **Conclusion**

Conclusion

Forces

- Résultats d'ensemble
- Bagage scientifique et technique
- Forte expérience internationale
- Curiosité, persévérance et rigueur
- Équipe de recherche dynamique et rayonnante (CSH)
- Moyens conséquents de l'IMS

Points à améliorer

- Recherche de financement
- Identification thématique
- Responsabilité dans les conseils de laboratoire ou d'école

Opportunités

- Collaborations internationales
- Collaborations nationales académiques, institutionnelles et industrielles
- Collaborations régionales (Pôle ALPHA RLH & Aerospace, XLIM, industriels)

Points de vigilance

- Forte concurrence (appels d'offres et progression de carrière)
- Surcharges
- Dispersion

Un grand MERCI aux

- Post-doctorants, doctorants, stagiaires et élèves ingénieurs
- Collègues enseignants-chercheurs, enseignants, chercheurs, ingénieurs
- Techniciens et personnels administratifs



« Choisissez un travail que vous aimez et vous n'aurez pas à travailler un seul jour de votre vie », Confucius