

# 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

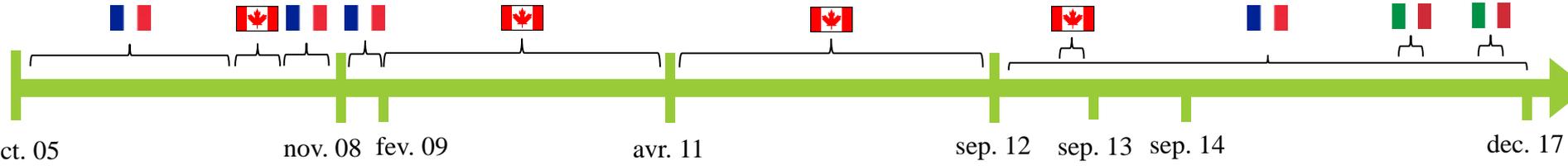
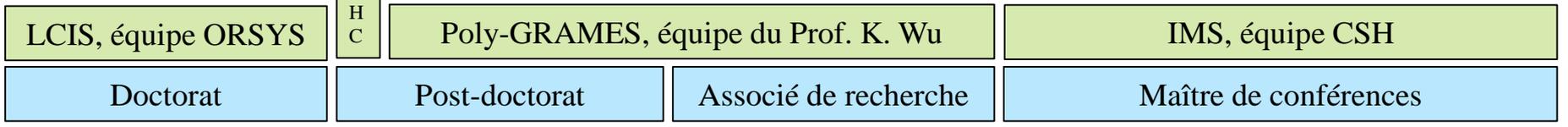
- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
- Perspectives de recherche
- Conclusion

# Sommaire

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

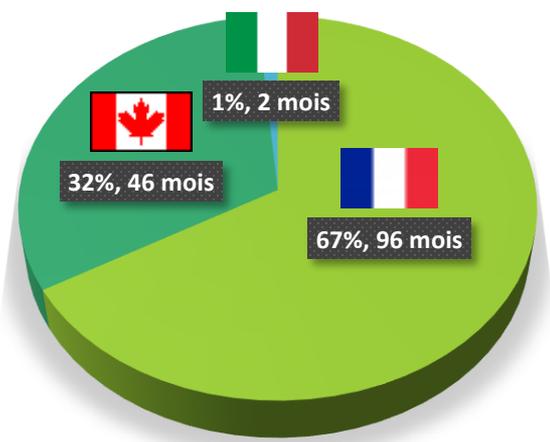
# Parcours

I  
M  
E  
P  
-  
L  
a  
H  
C



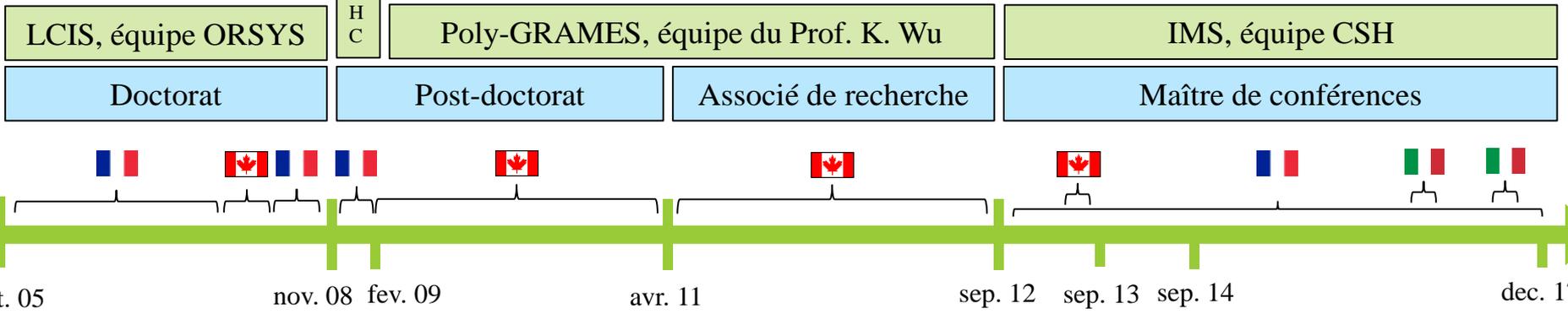
**12 années de recherche dont 4 ans et 11 mois de mobilité scientifique à l'internationale**

Répartition des mobilités



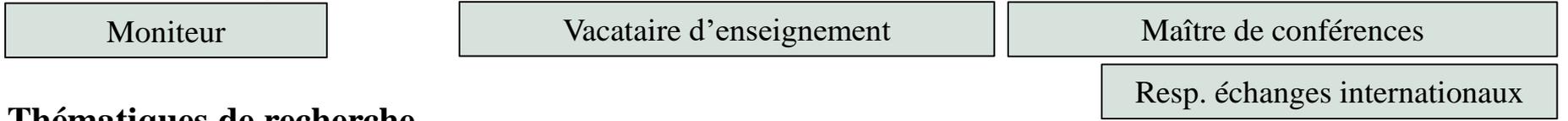
# Parcours

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

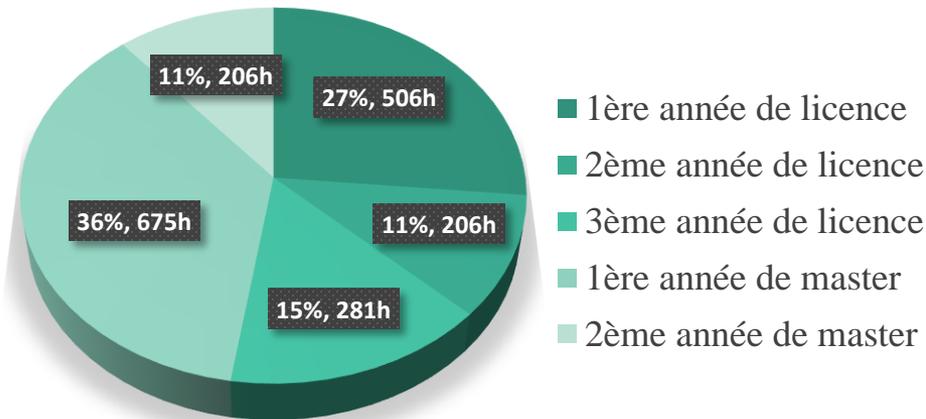
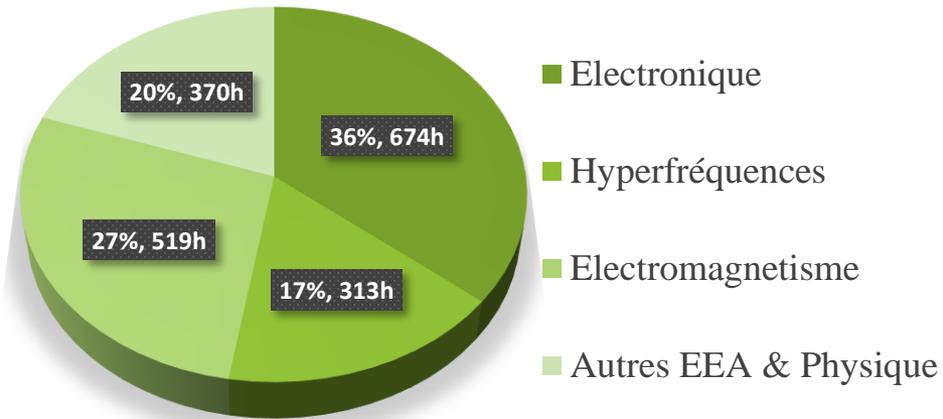
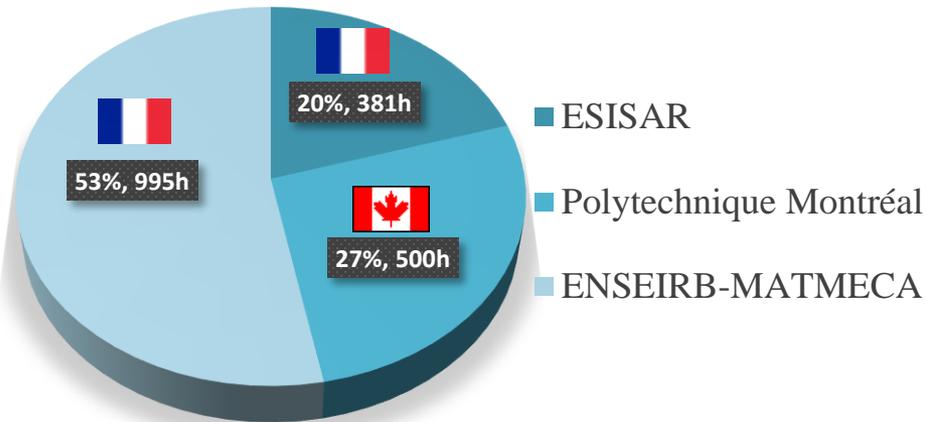


## Thématiques de recherche



# 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
  - ...



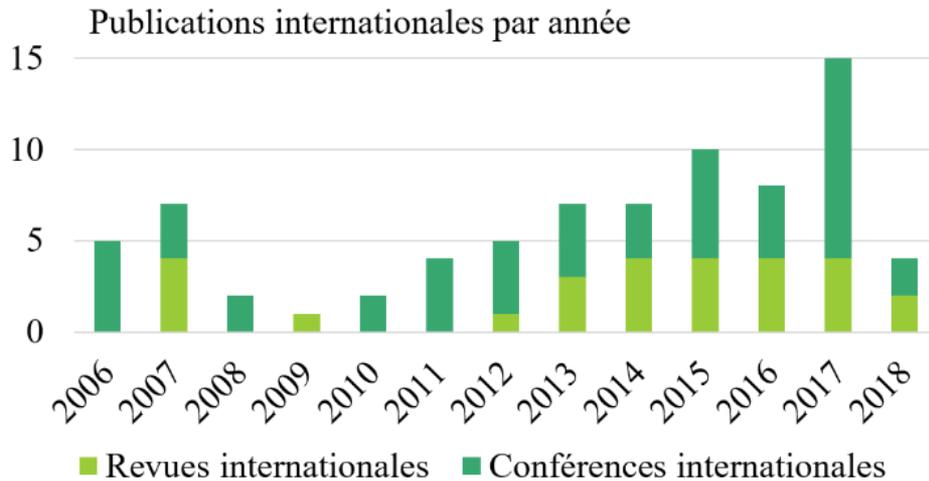
# Activités de recherche

- **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
  - ...

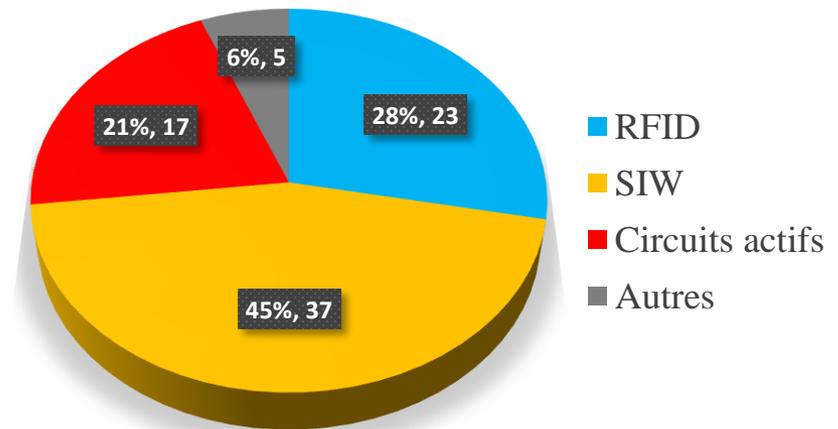
# Publications

- **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



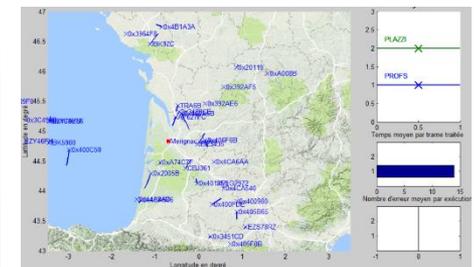
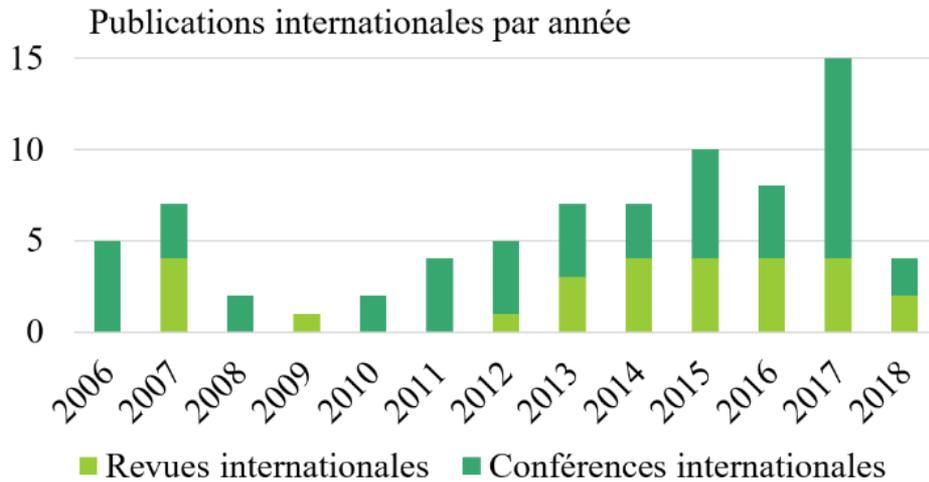
# Publications

- **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

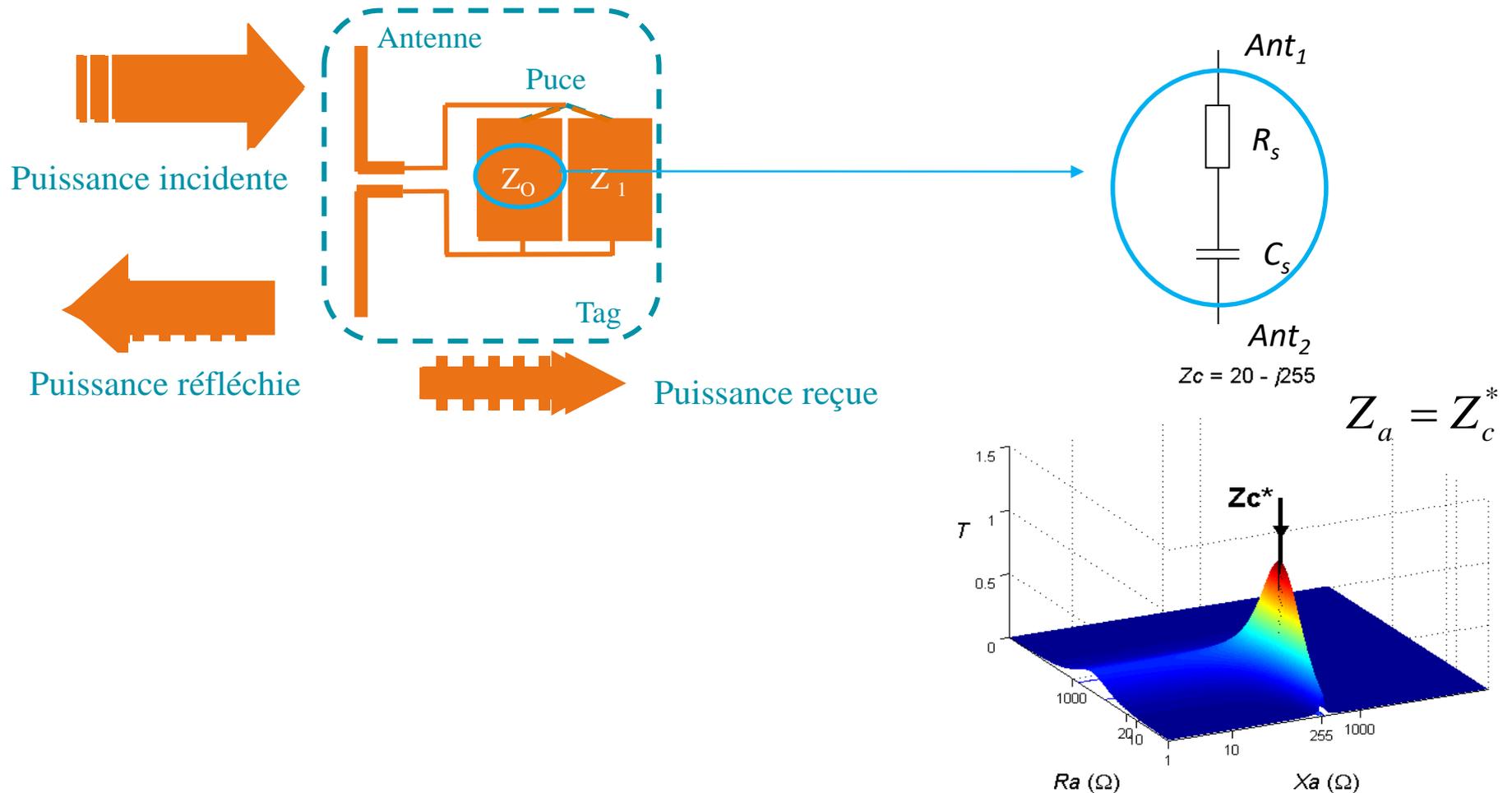
- Présentation générale
- Synthèse des travaux de recherche
  - Composants, circuits et systèmes RFID
  - Technologies intégrées au substrat
  - Composants et circuits intégrés actifs
- Perspectives de recherche
- Conclusion

# 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

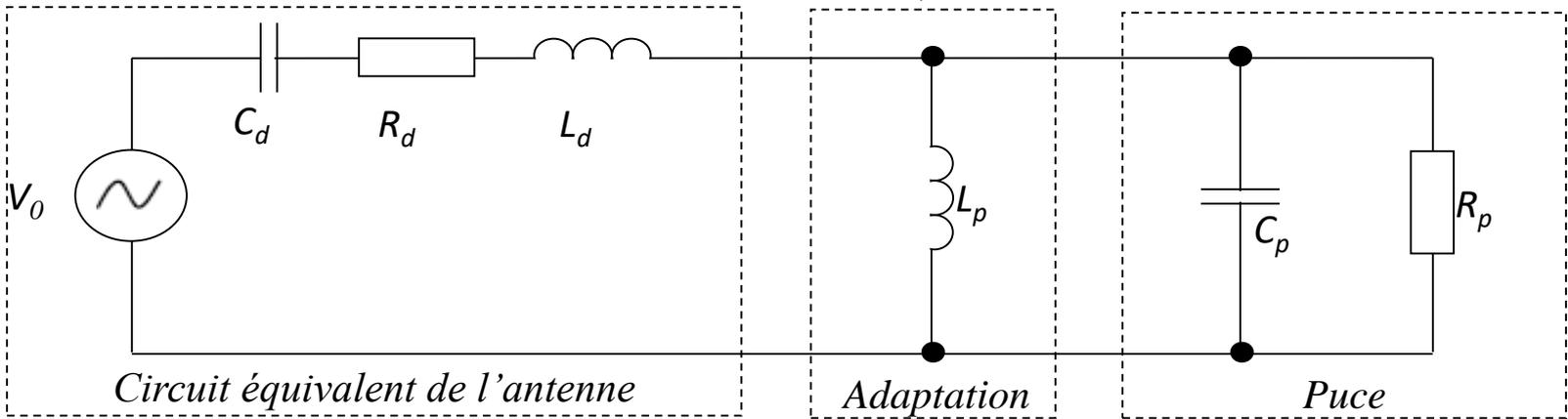
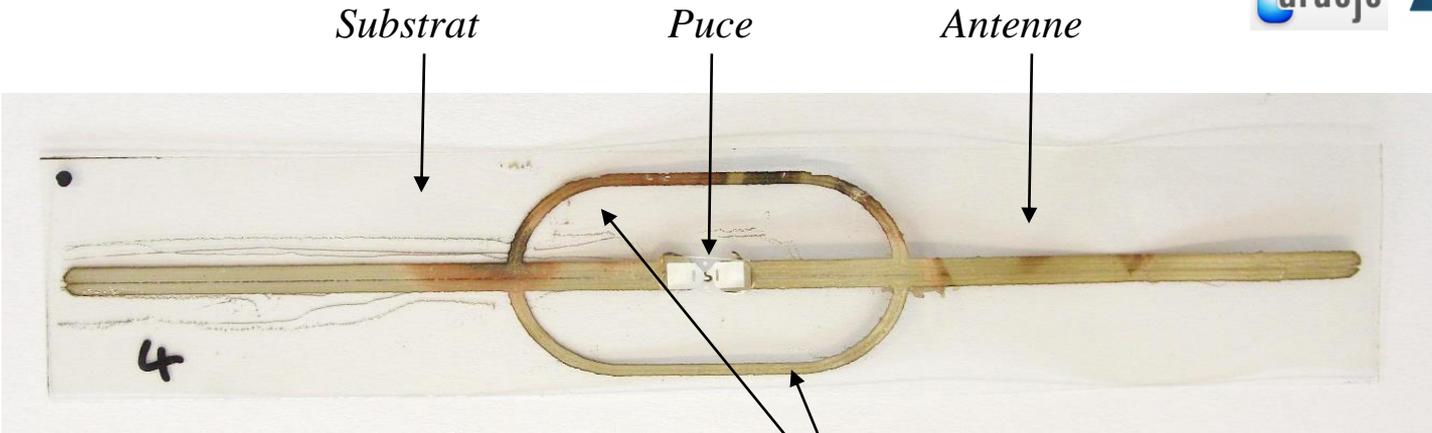
# Composants, circuits et systèmes RFID

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



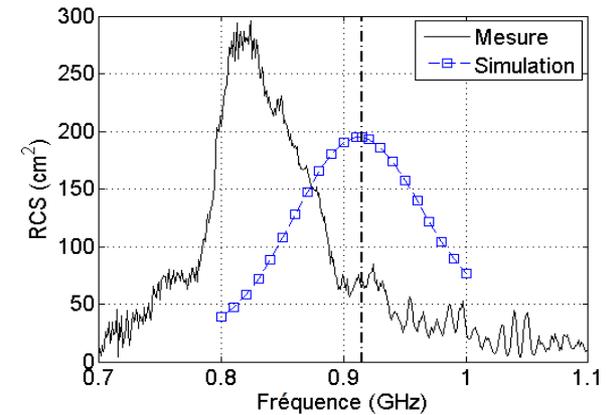
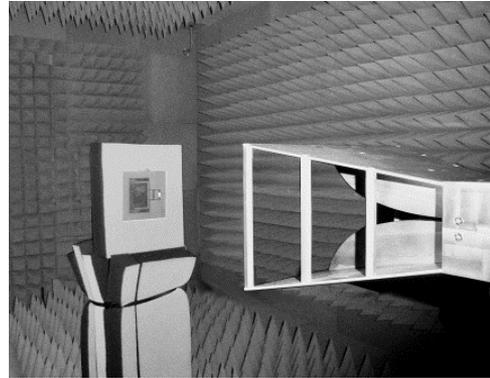
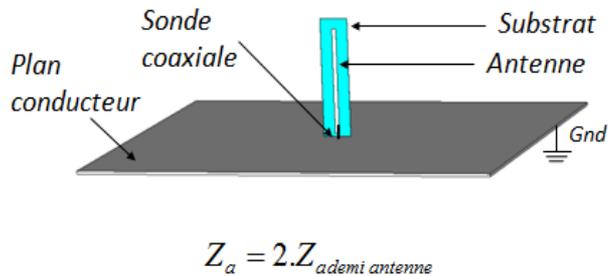
# Composants, circuits et systèmes RFID

- Réalisation additive par impression jet d'encre

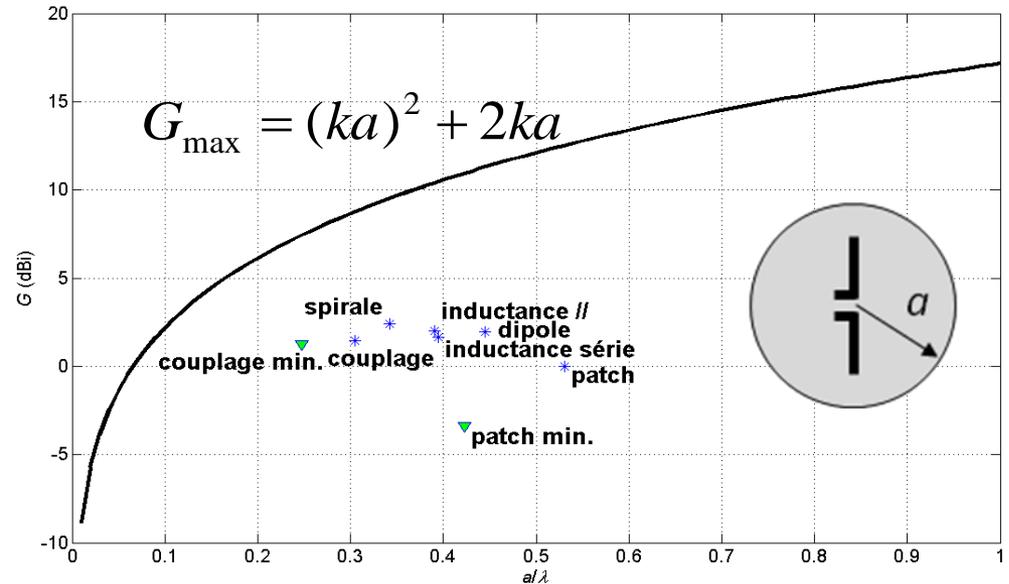


# Composants, circuits et systèmes RFID

- Mesure d'antennes non 50Ω



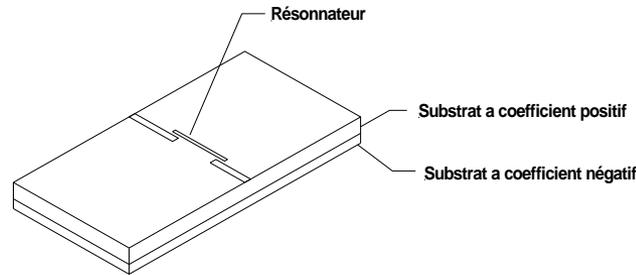
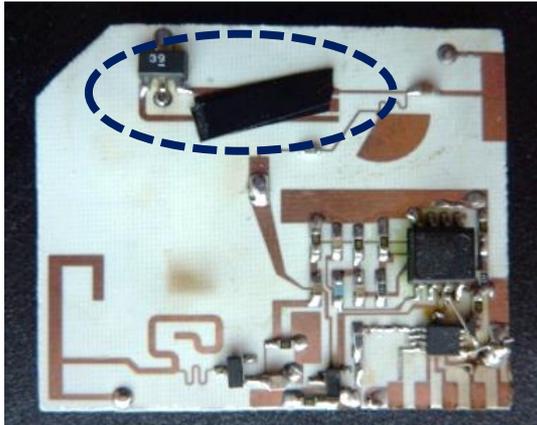
- Miniaturisation de tags



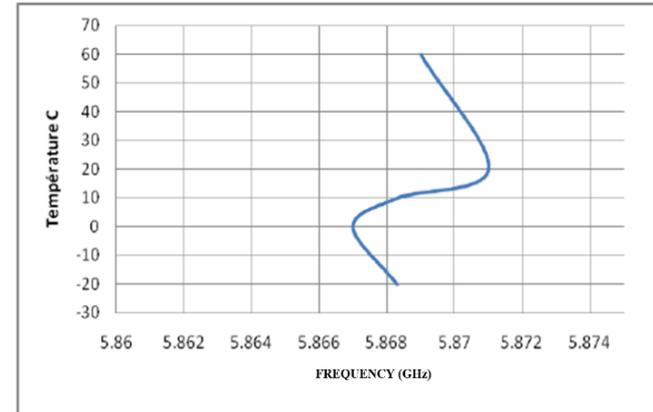
# Composants, circuits et systèmes RFID

- Oscillateur stabilisé en température

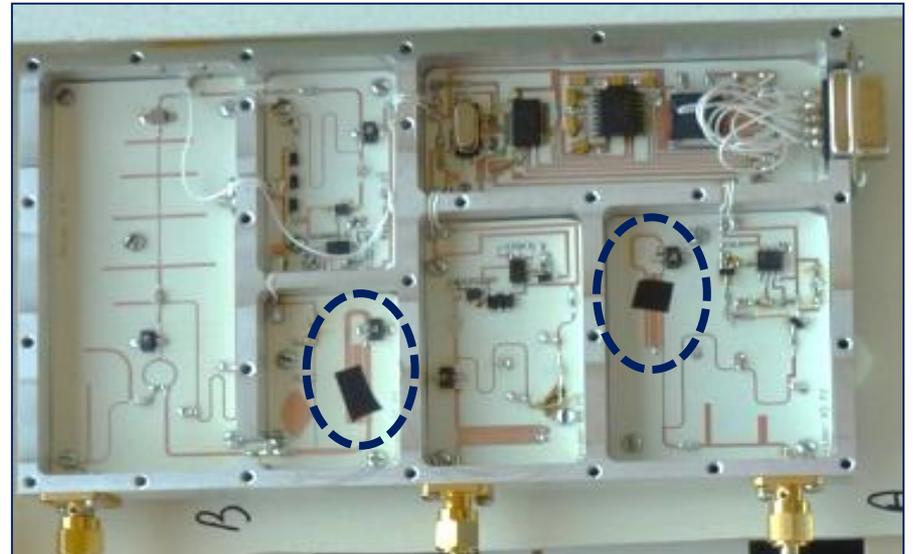
Tag RFID actif



Variation fréquentielle de 0,07%

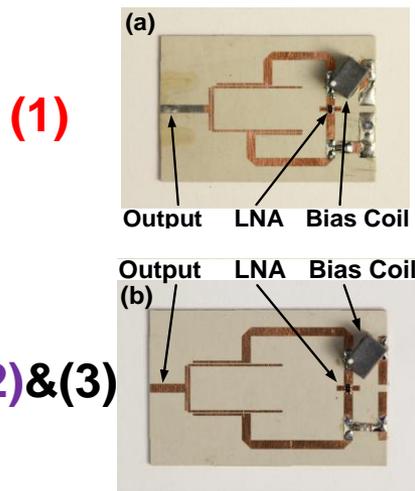
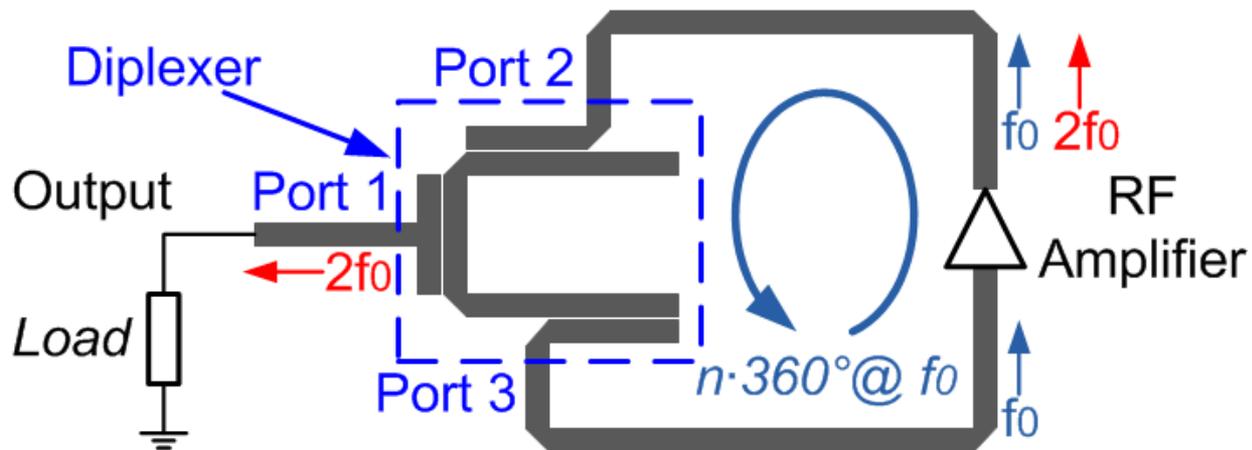
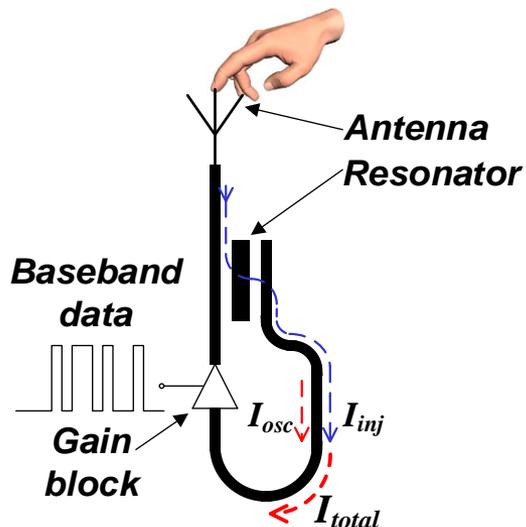


- Systeme RFID Actif

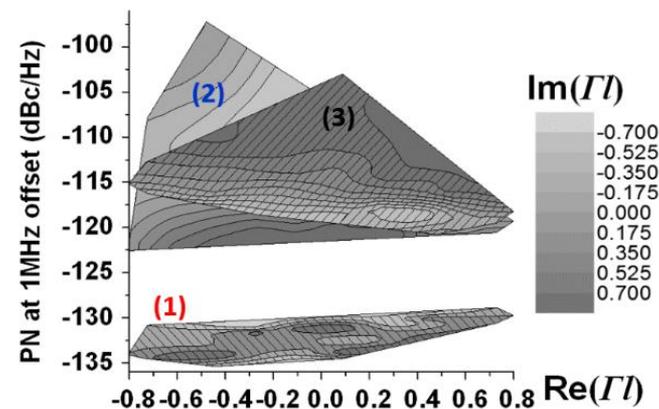
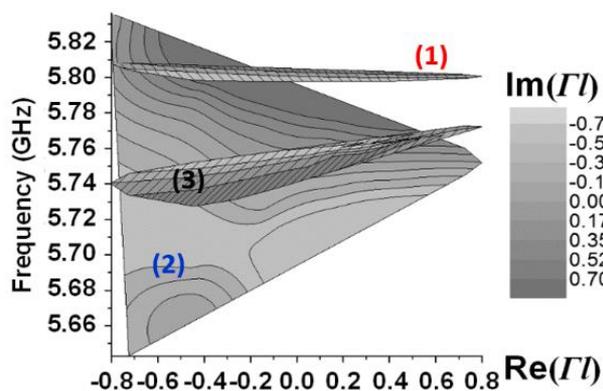


# Composants, circuits et systèmes RFID

- Oscillateur stabilisé en traction de charge

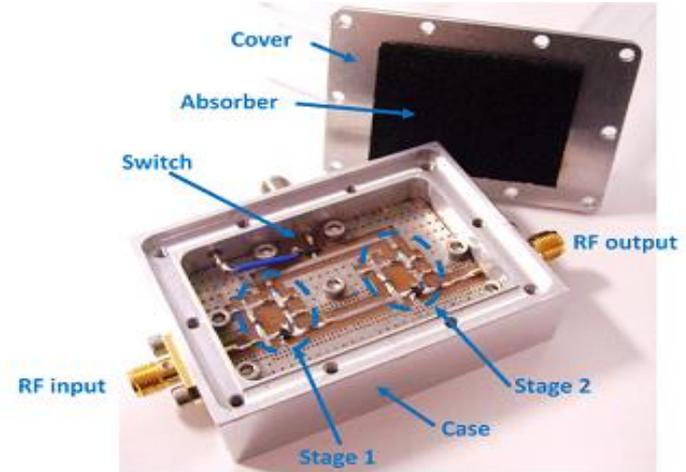
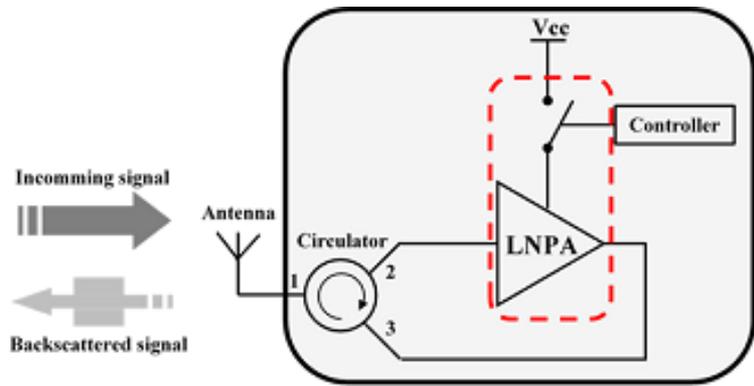


(1) Oscillateur harmonique, (2) oscillateur fondamental et (3) oscillateur fondamental avec un atténuateur de 3 dB.



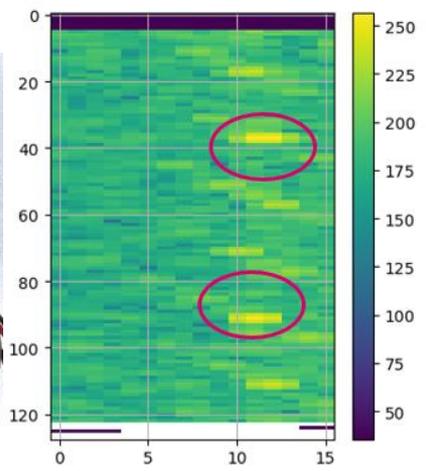
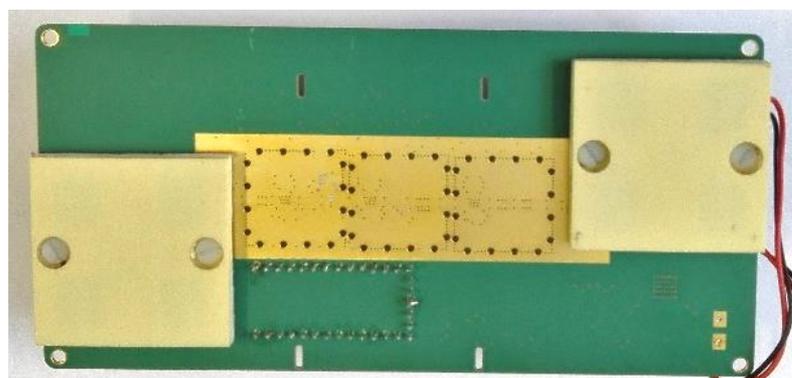
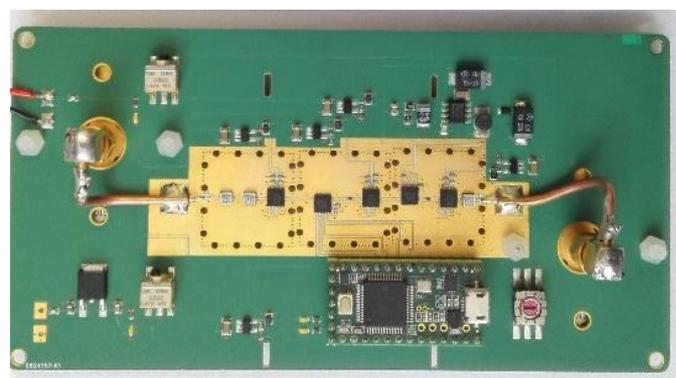
# Composants, circuits et systèmes RFID

- 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)

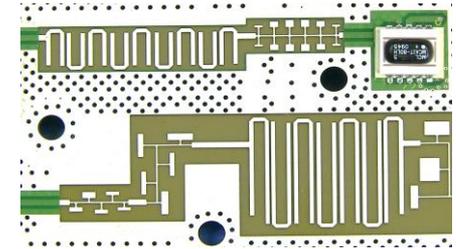


- + Pertes d'insertion faibles
- + Blindé par nature
- + Facteur de qualité élevé
- + Forte tenue en puissance

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



Circuits imprimés  
(1952)

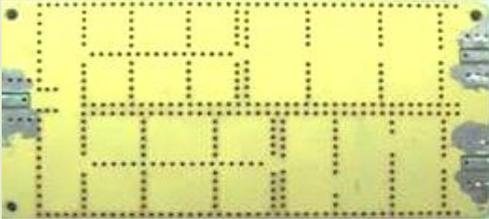


- + Faible coût
- + Haute densité d'intégration
- + Faible poids

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

# Technologies intégrées au substrat

## SIW (2000)

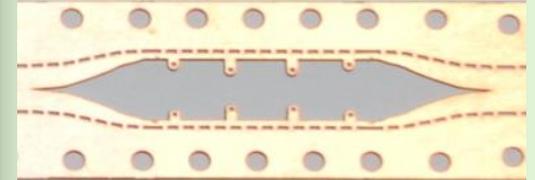


- + Faible coût
- + Haute densité d'intégration
- + Faible poids
- + Blindé par nature

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



## AFSIW (2013)

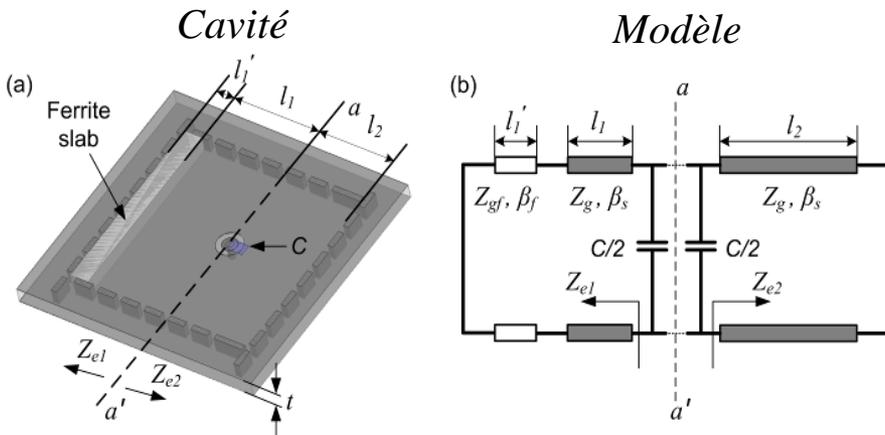


- + Faible coût
- + Haute densité d'intégration
- + Faible poids
- + Blindé par nature
- + Pertes d'insertion faibles
- + Facteur de qualité élevé
- + Forte tenue en puissance
- + Structure multicouche

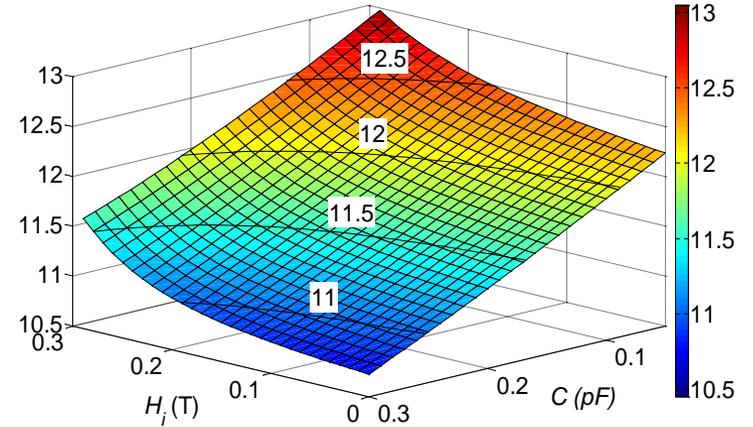
# Technologies intégrées au substrat

- Accordabilité de composants SIW

– Cavité à double accordabilité

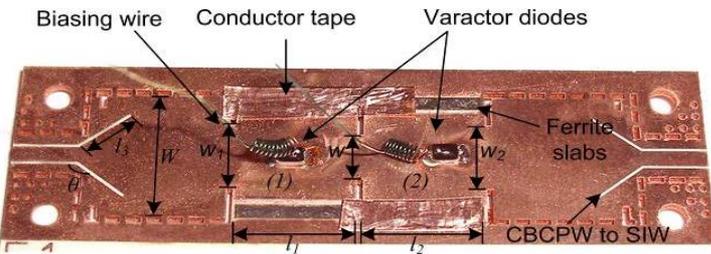


Fréquence de résonance

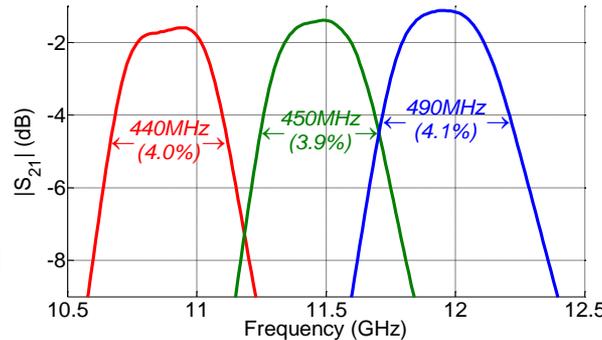


– Démonstration d'un filtre

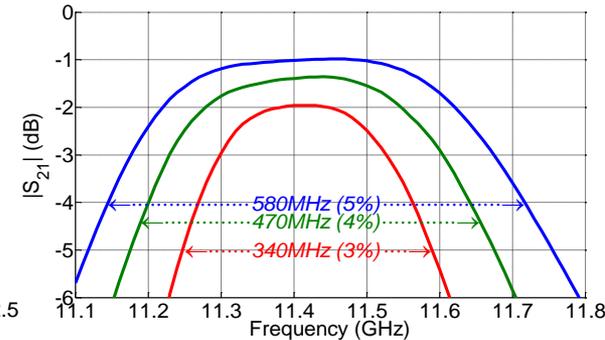
Filtre du 2<sup>ème</sup> ordre



Contrôle de la fréquence

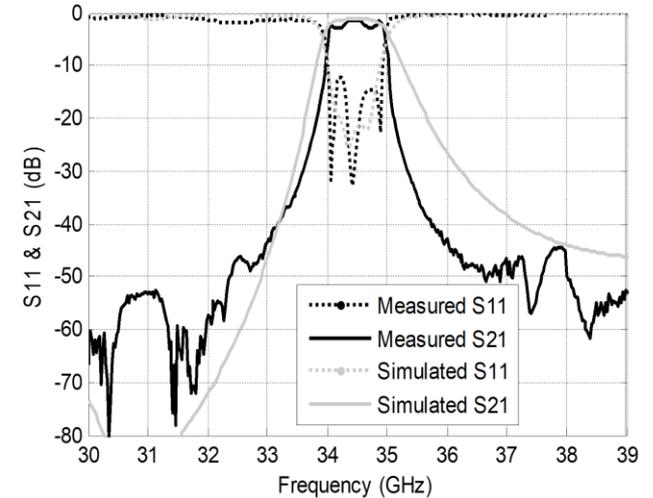
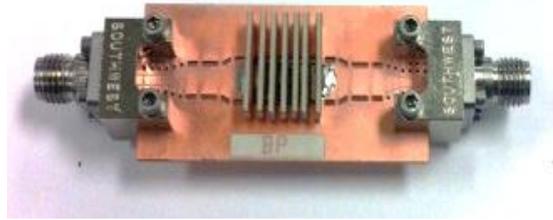
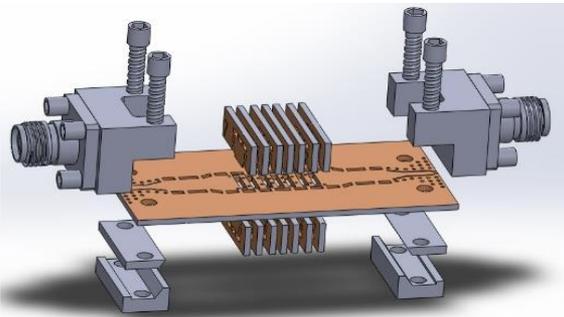


Contrôle de la bande passante

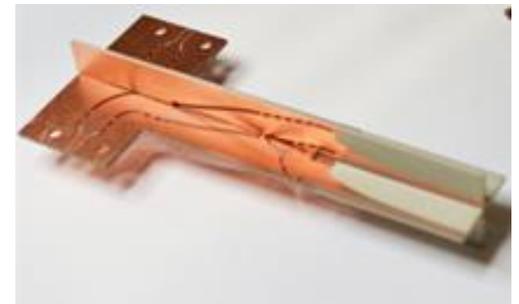
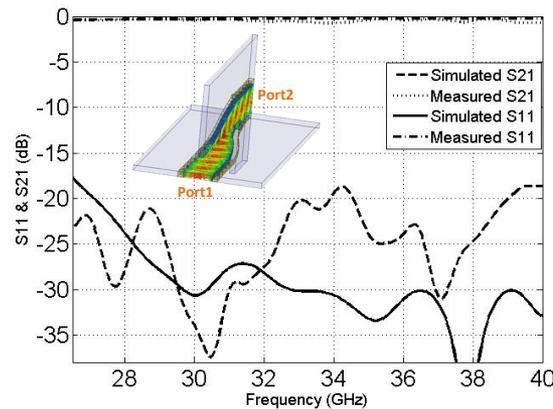


# Technologies intégrées au substrat

- Composants SIW 3D
  - Filtre compacte du 7<sup>ème</sup> ordre

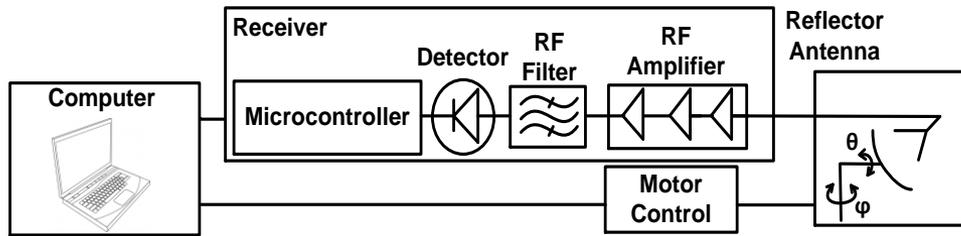


- Guide torsadé

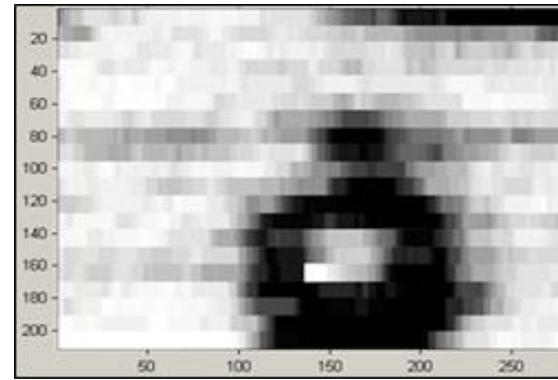
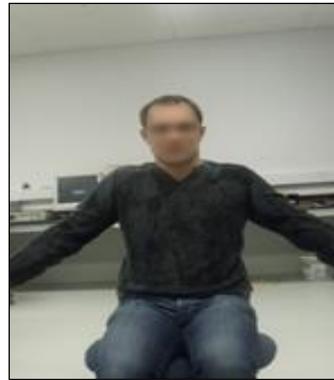
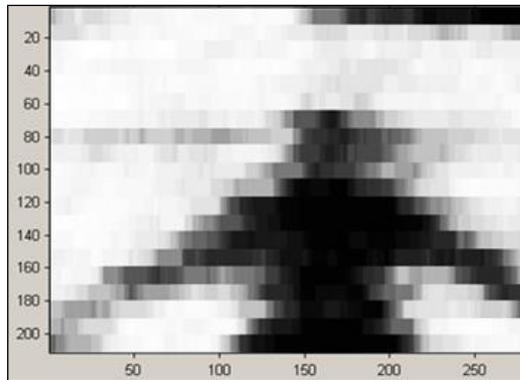
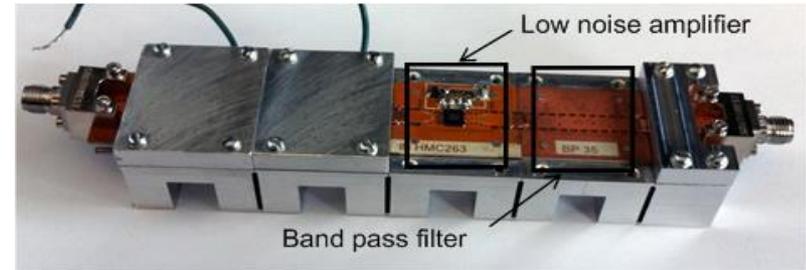


# Technologies intégrées au substrat

- Système SIW d'imagerie passive

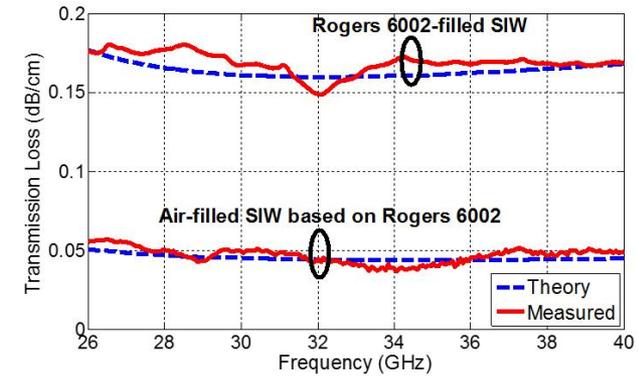
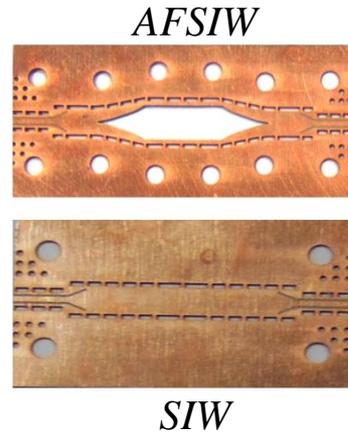
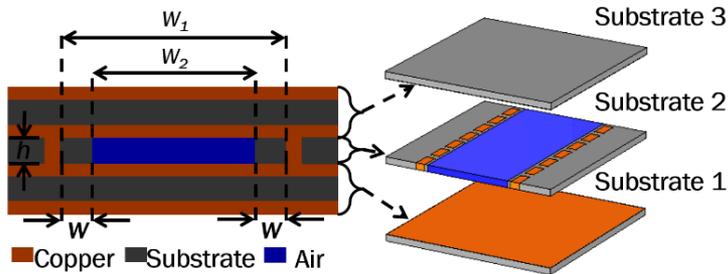


Chaîne RF à 35GHz



# Technologies intégrées au substrat

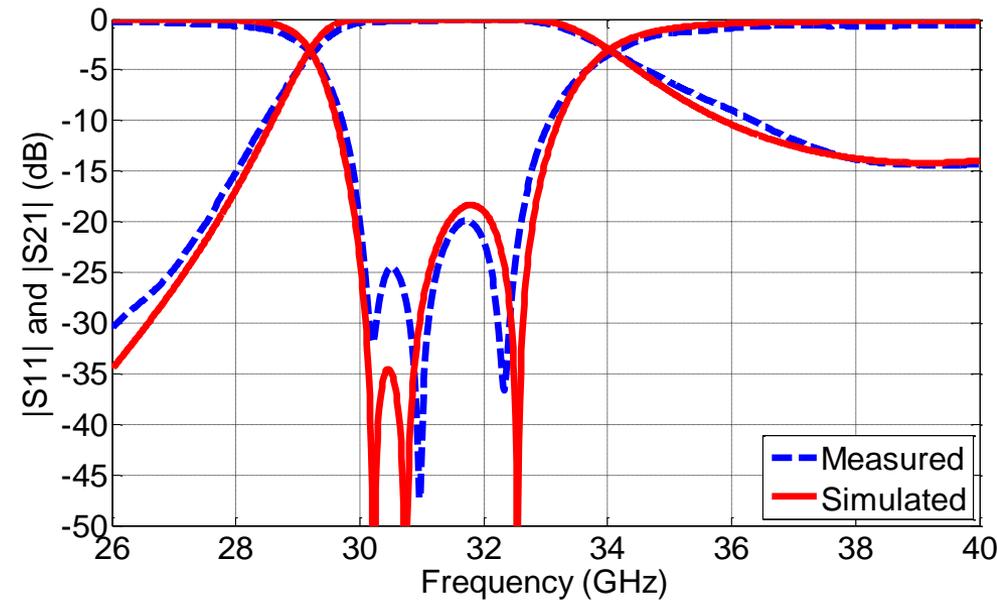
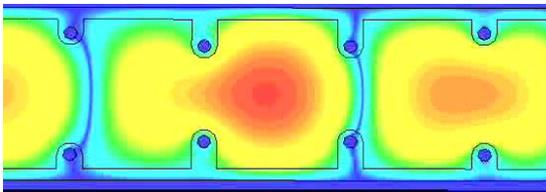
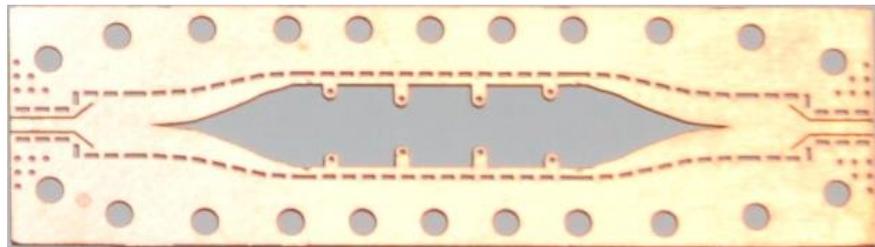
- Technologie AFSIW haute performance



à 33 GHz	6002-filled SIW	5880-filled SIW	<b>AFSIW</b>
Pertes diélectriques (dB/cm)	0,081	0,052	<b>0</b>
Pertes ohmiques (dB/cm)	0,053	0,045	<b>0,029</b>
Pertes de rugosité de surface (dB/cm)	0,026	0,022	<b>0,014</b>
Pertes totales (dB/cm)	0,16	0,12	<b>0,044</b>
Facteur de qualité	187	251	<b>680</b>
APHC (dBm)	47,2	46,8	<b>54,8</b>
PPHC (kW)	1046	2375	<b>23,6</b>
Largeur (mm)	4,11	4,77	<b>7,04</b>

# Technologies intégrées au substrat

- Démonstration de filtres



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

# 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)

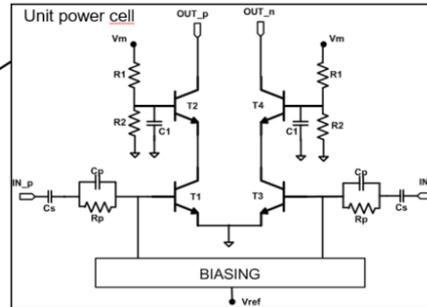
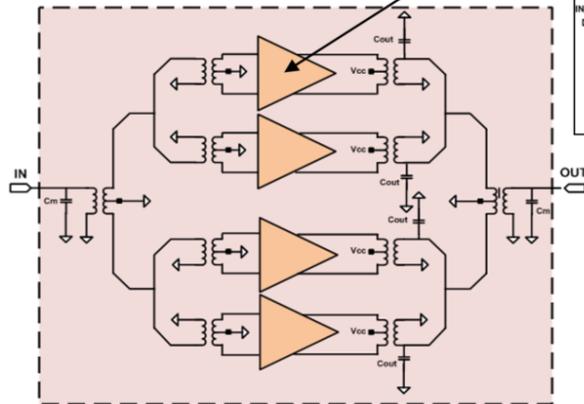
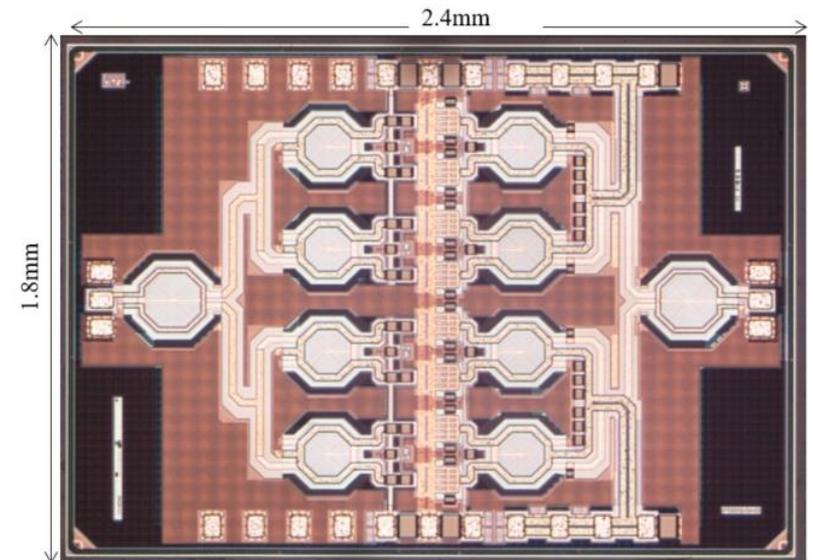
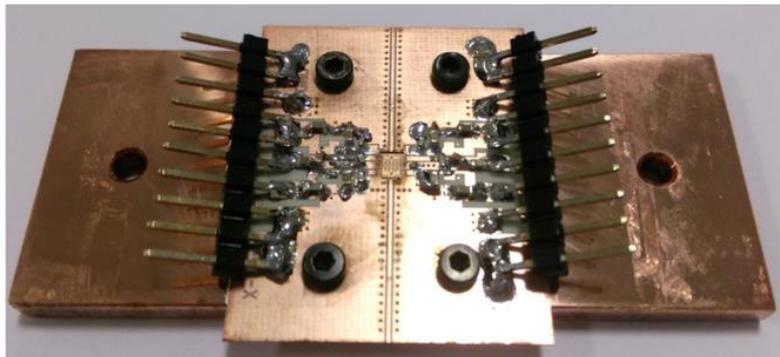


Photo de la puce



Puce amincie, reportée et câblée



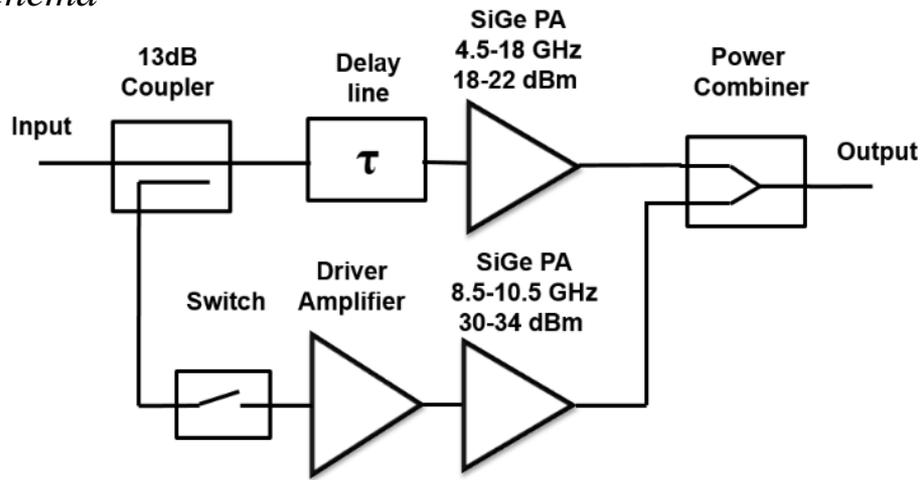
Résultats de mesure

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

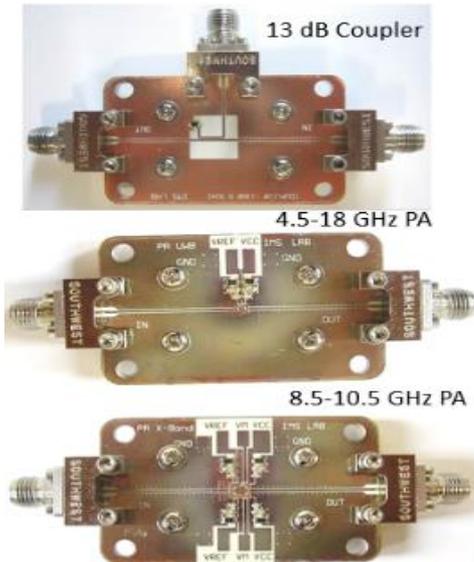
# Composants et circuits intégrés actifs

- Amplificateur de puissance reconfigurable

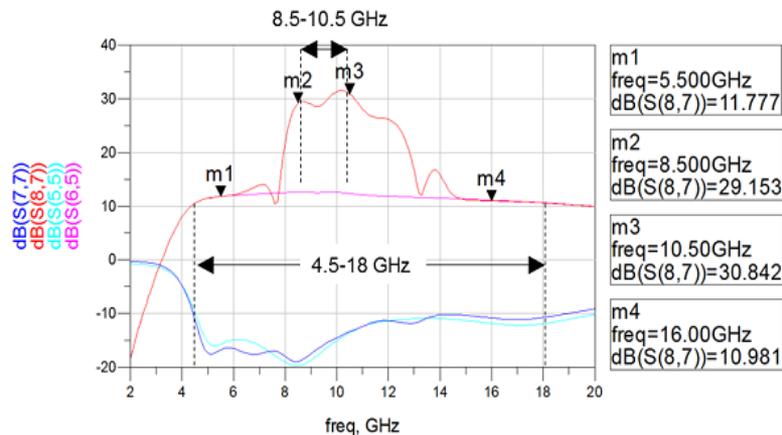
Schéma



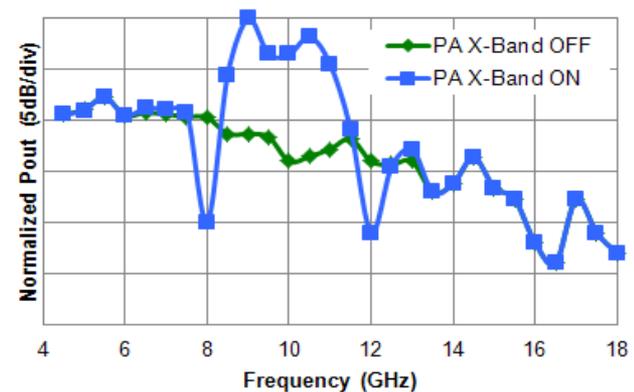
Modules



Paramètres S



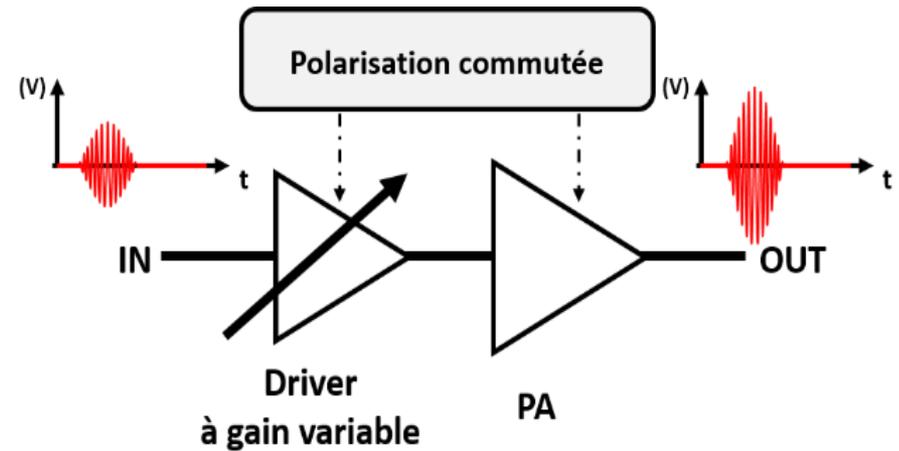
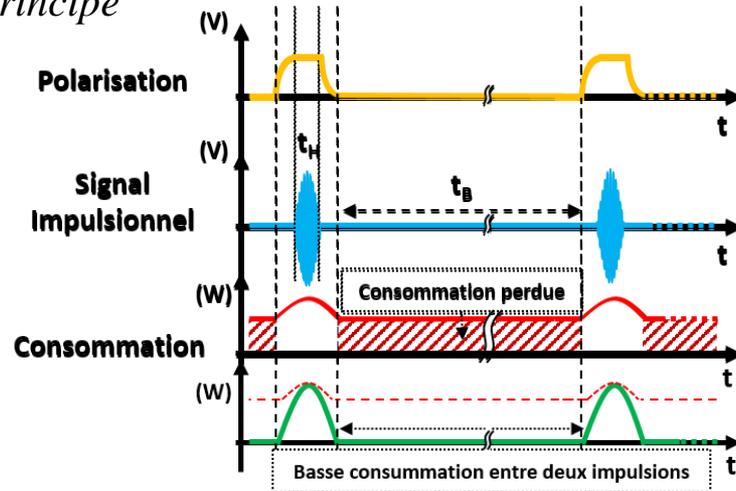
Puissance de sortie normalisée



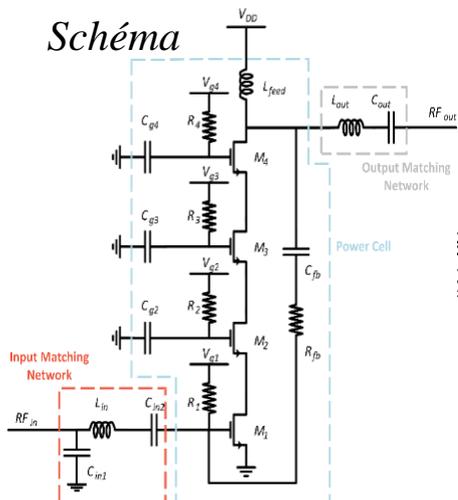
# Composants et circuits intégrés actifs

- Amplificateur de puissance UWB

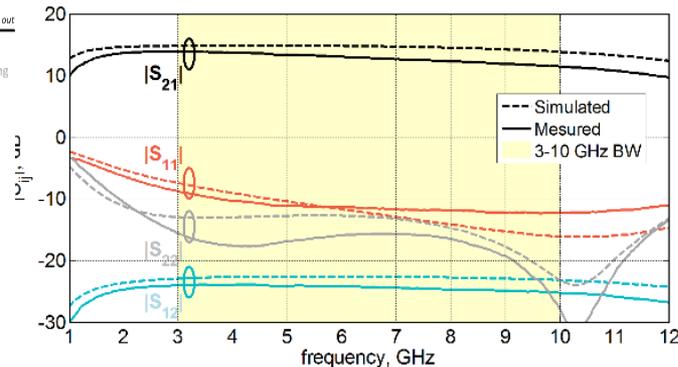
Principe



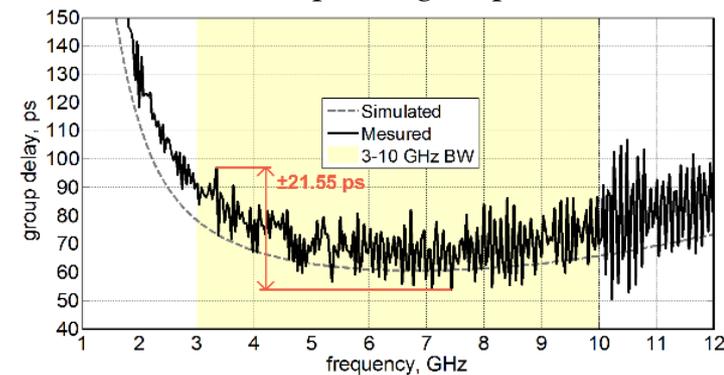
Schéma



Paramètres S



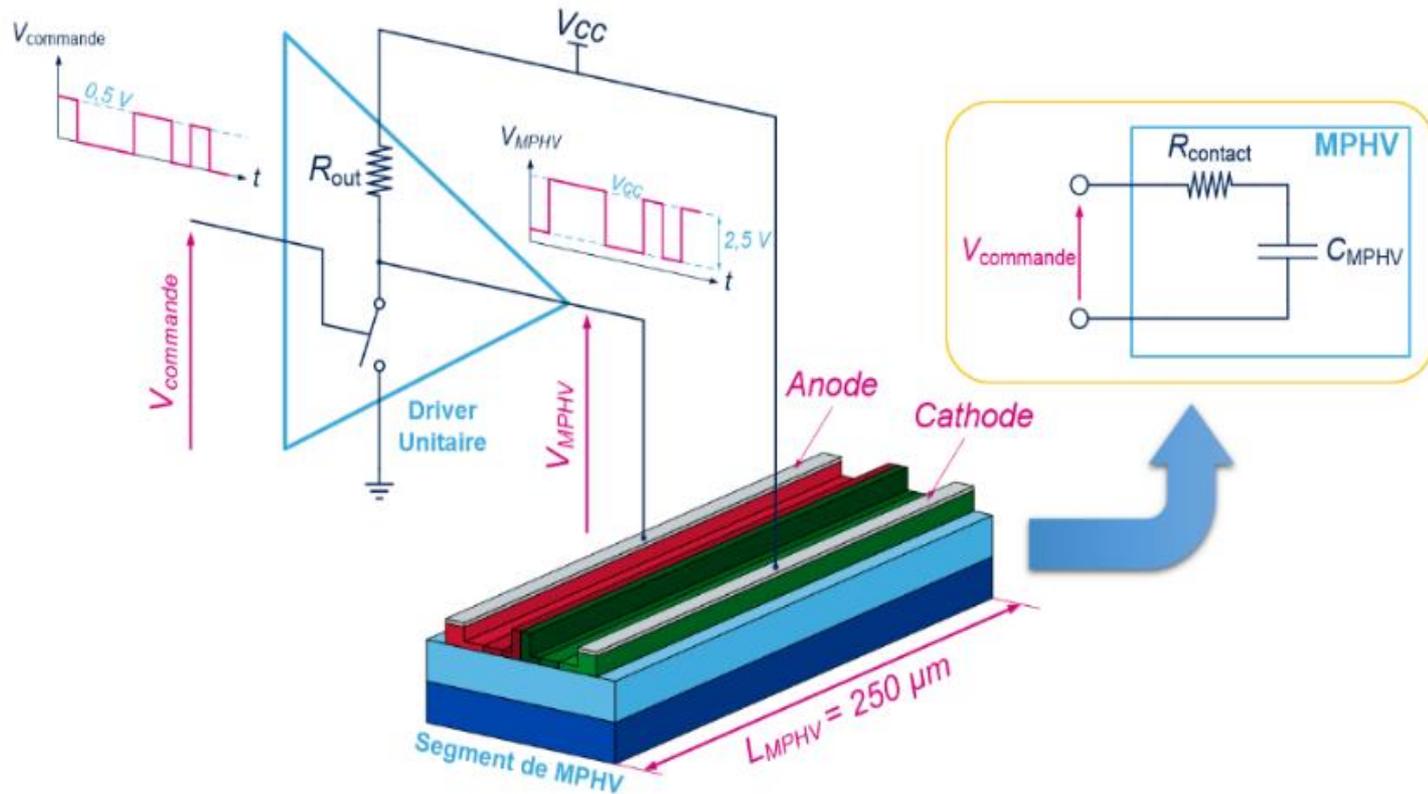
Temps de groupe



# Composants et circuits intégrés actifs

- Driver de modulateur optique 100 Gbs/s

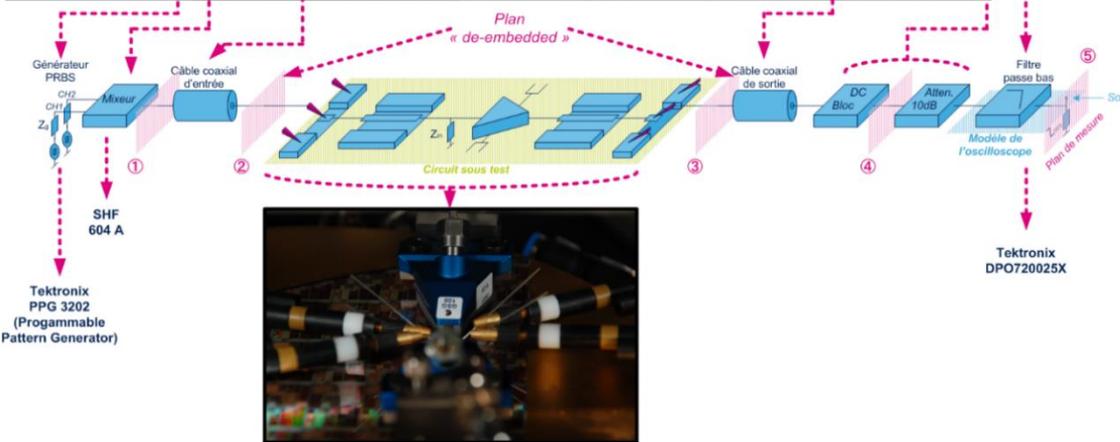
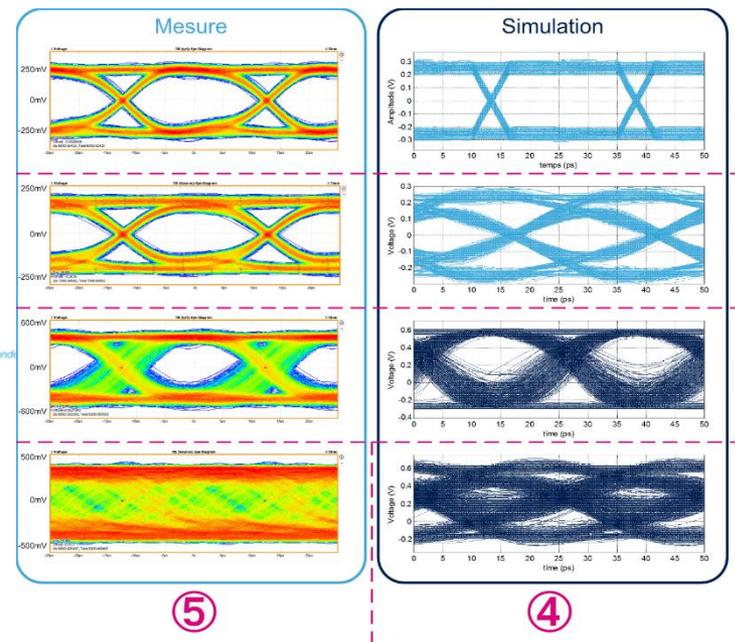
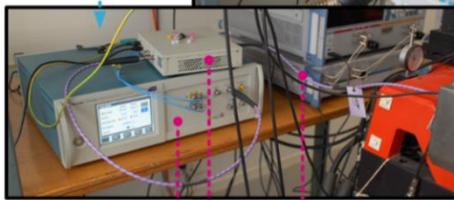
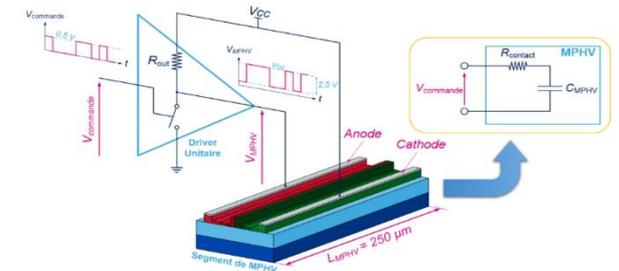
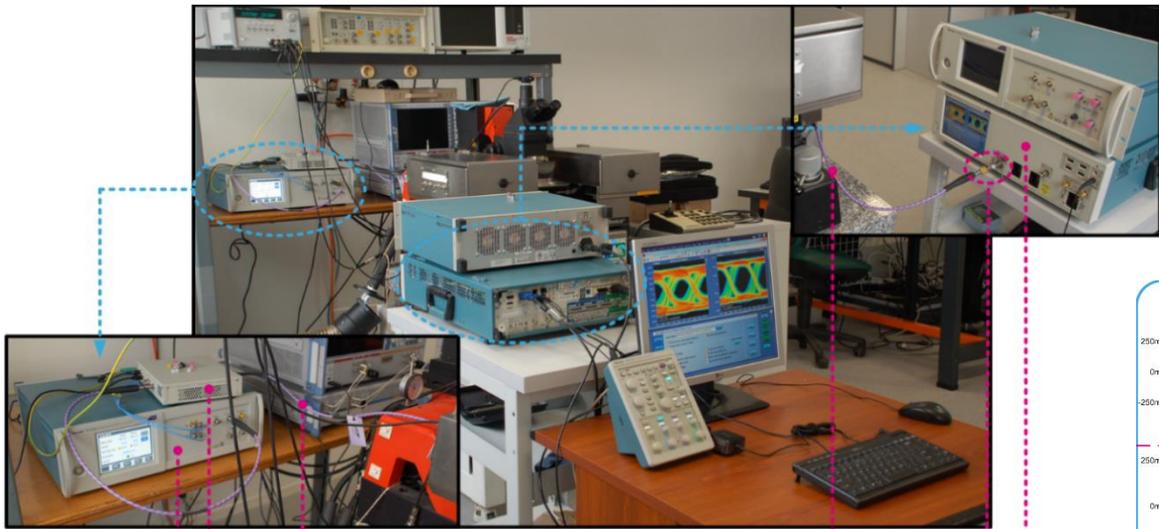
Tektronix®



# Composants et circuits intégrés actifs

- Driver de modulateur optique 100 Gbs/s

Tektronix®



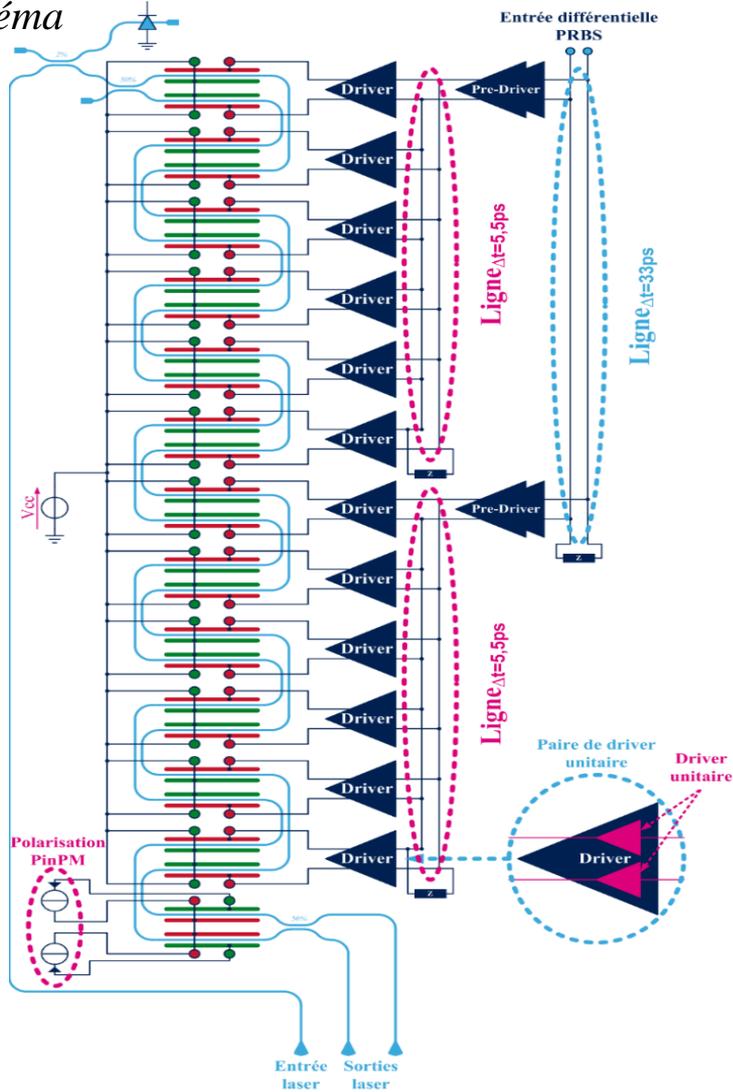
Tektronix PPG 3202 (Programmable Pattern Generator)

Tektronix DPO720025X

# Composants et circuits intégrés actifs

- Modulateur optique 100GBs/s

Schéma



Layout

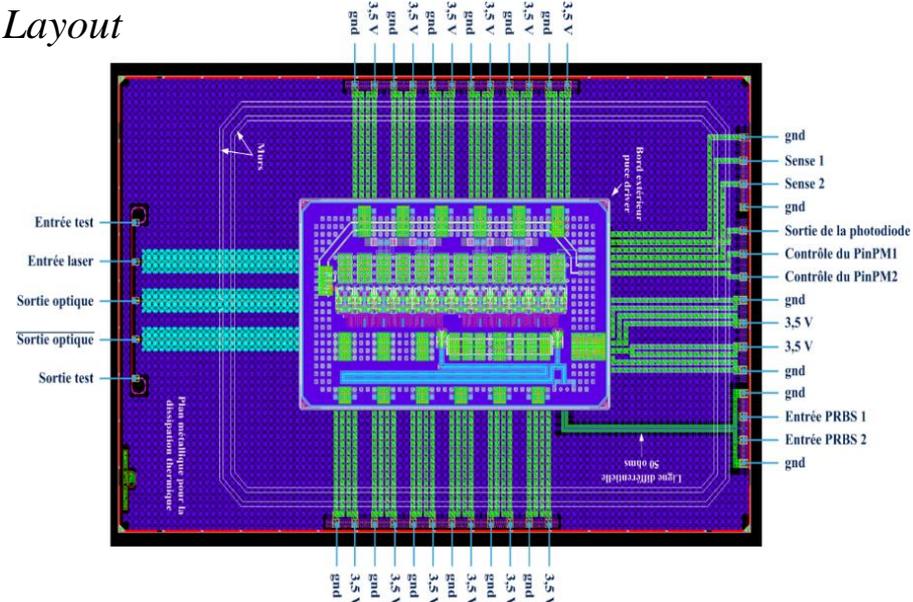
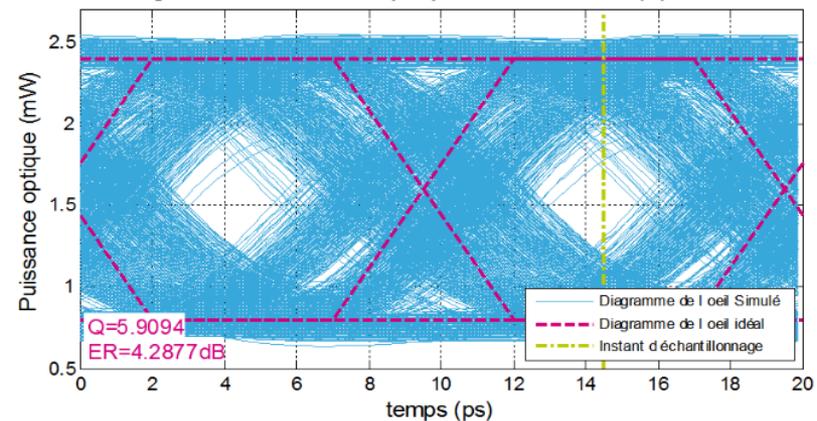
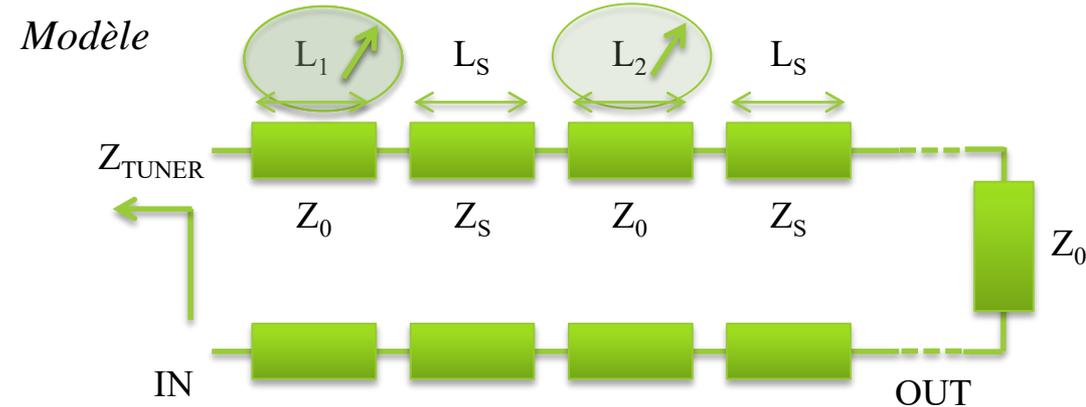
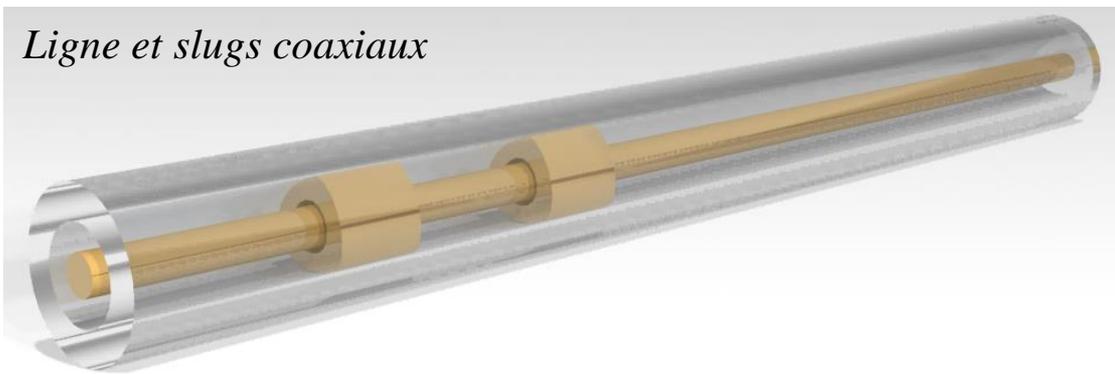
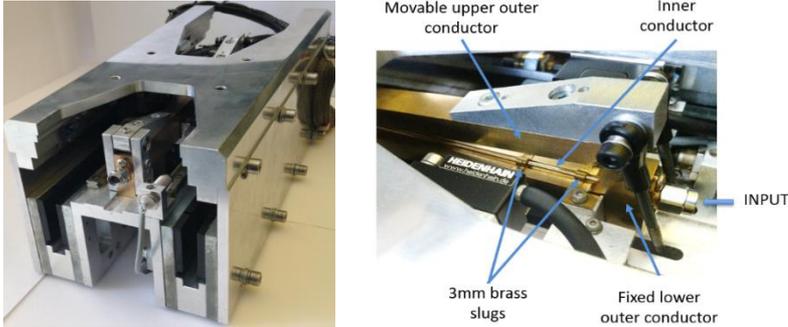


Diagramme de l'œil optique en sortie (1) du MMZ

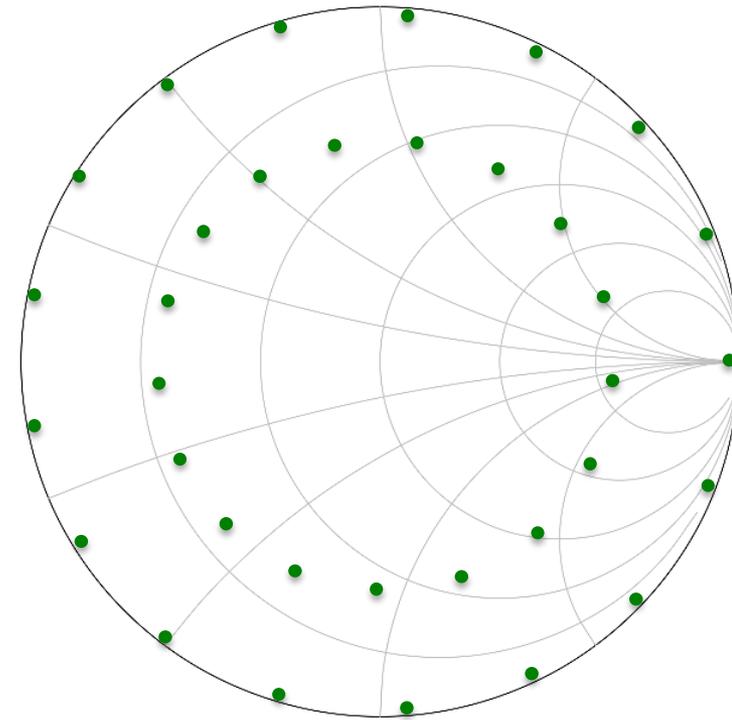


# Composants et circuits intégrés actifs

- Synthétiseur d'impédance



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



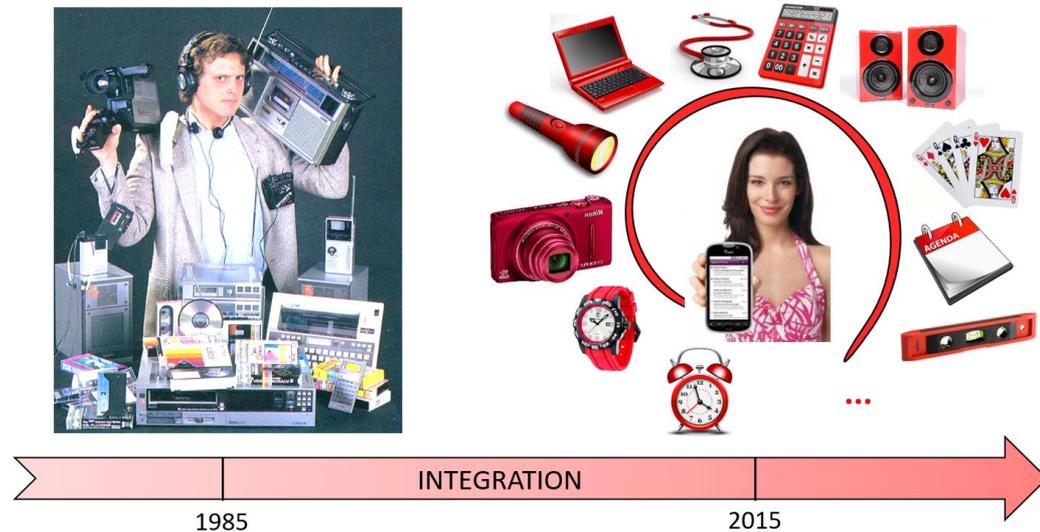
# Sommaire

- 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

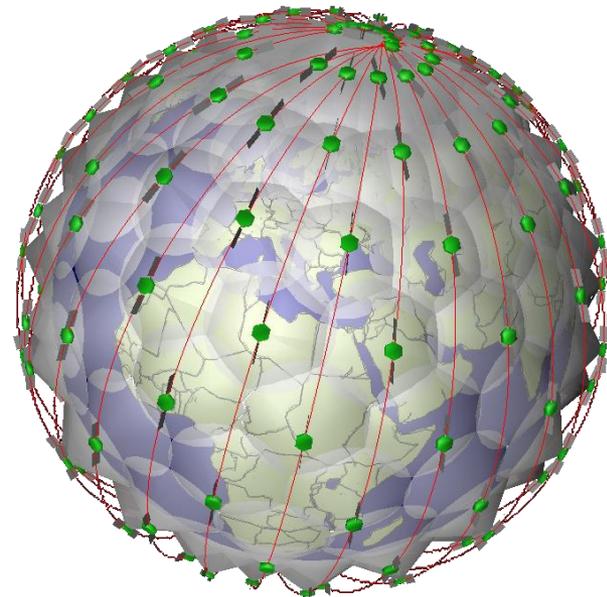
- **Tendances :**

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



- **Applications émergentes :**

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



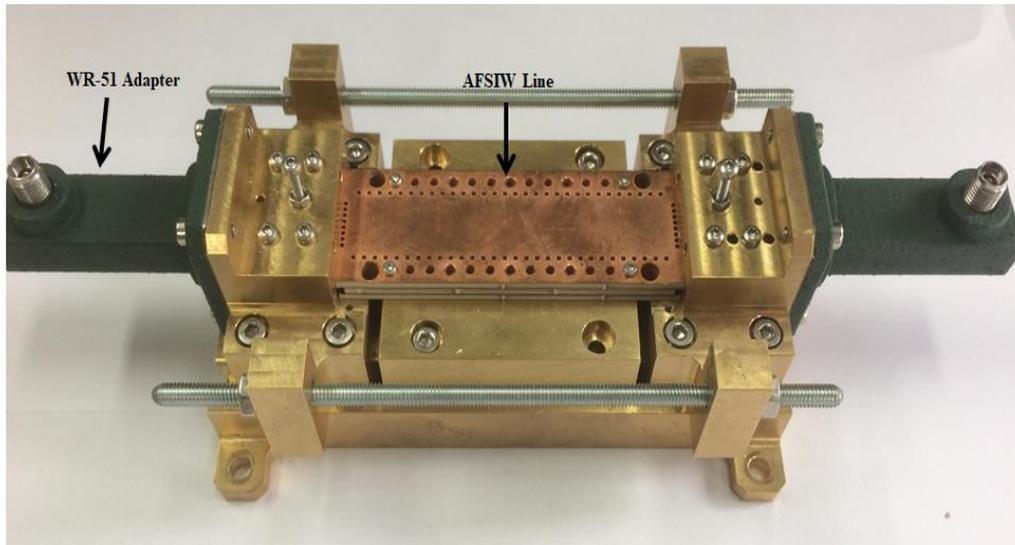
# Technologies intégrées au substrat

COBHAM



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

*Monture de test en puissance*



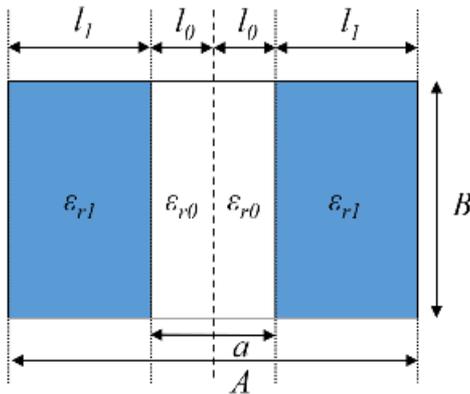
*Banc de test en puissance sous vide*



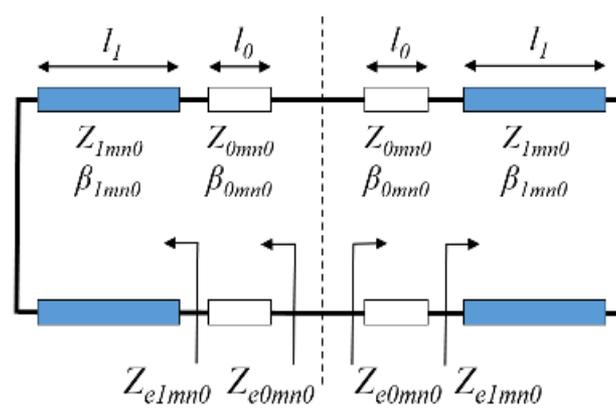
# Technologies intégrées au substrat

- Structures multimodes AFSIW

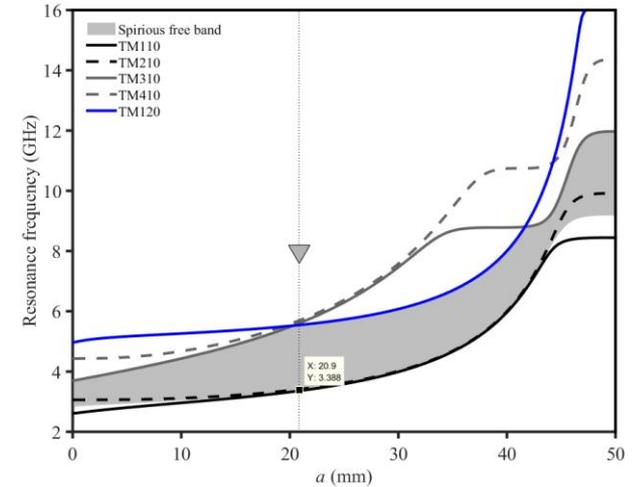
*Cavité multimodes AFSIW*



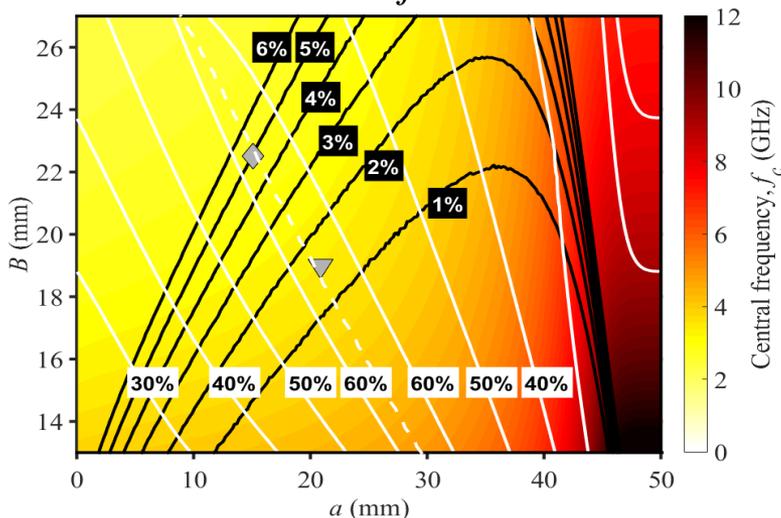
*Modèle*



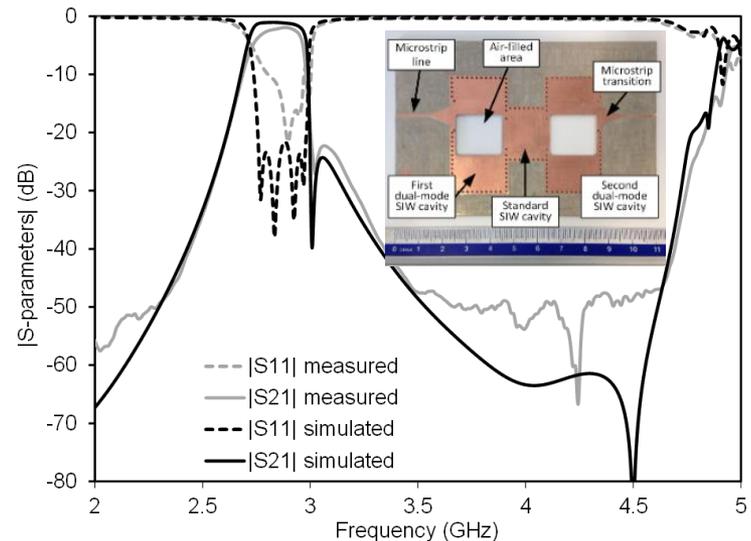
*Résonances*



*Fréquence centrale, bande passante et bande de rejection*



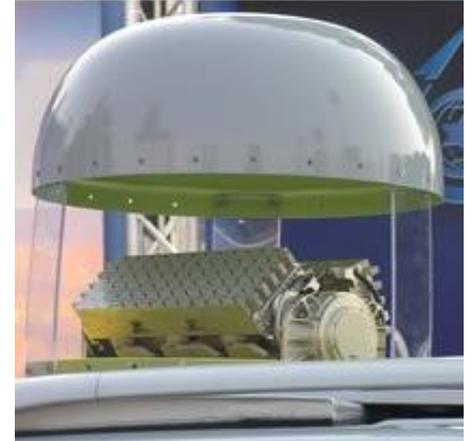
*Filtre d'ordre 4*



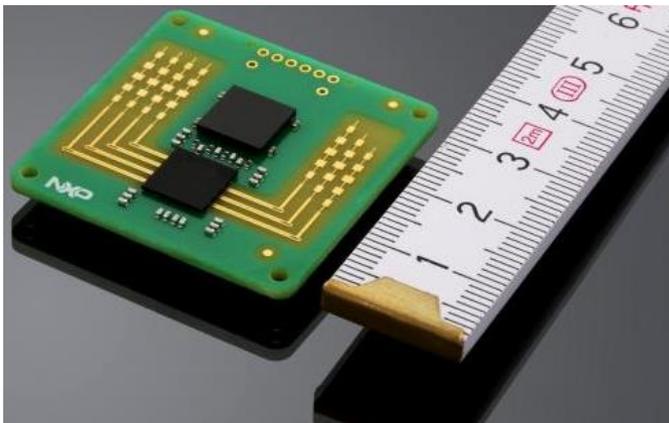
# Technologies intégrées au substrat

- 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*



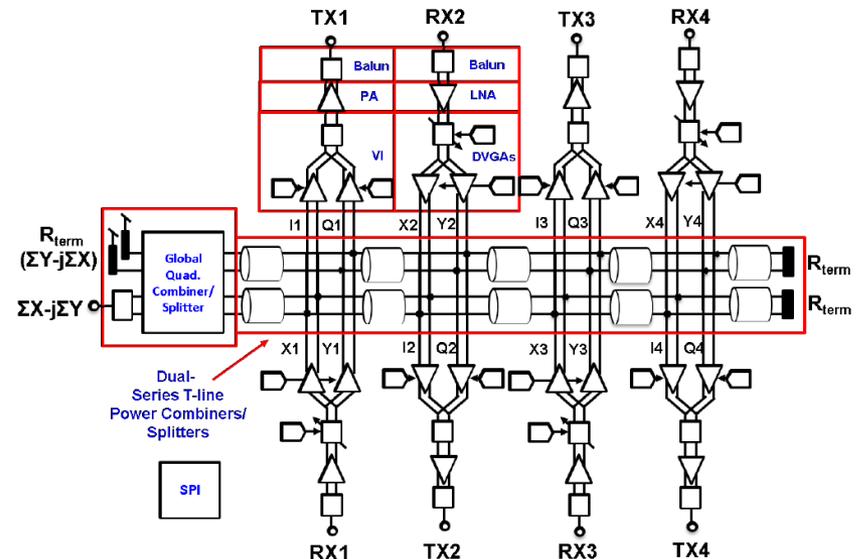
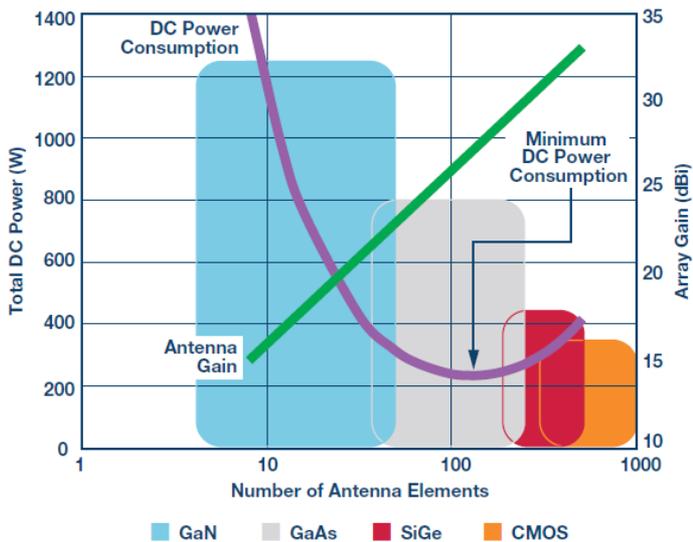
*Nano-satellite*



# Circuits actifs intégrés

- Transmissions pour la 5G

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



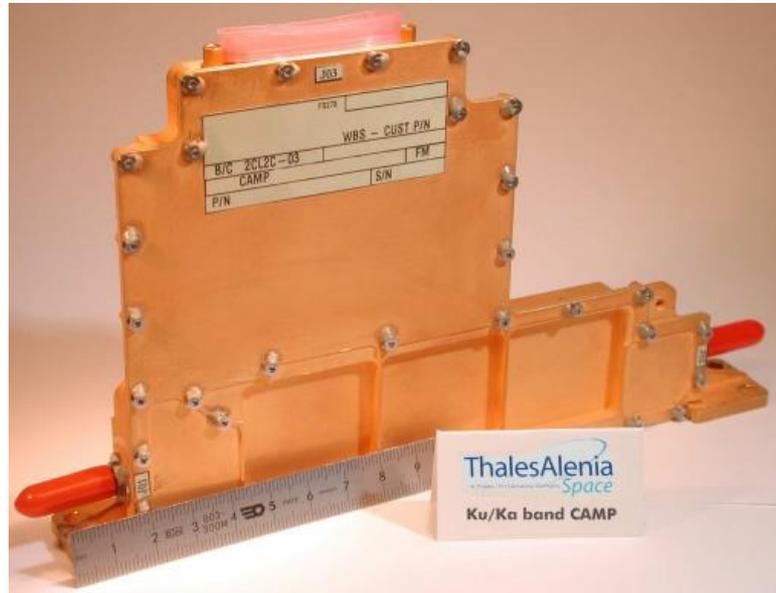
Analog Device, “RF Technology for the 5G mmW Radio,” T. Cameron, 2016

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

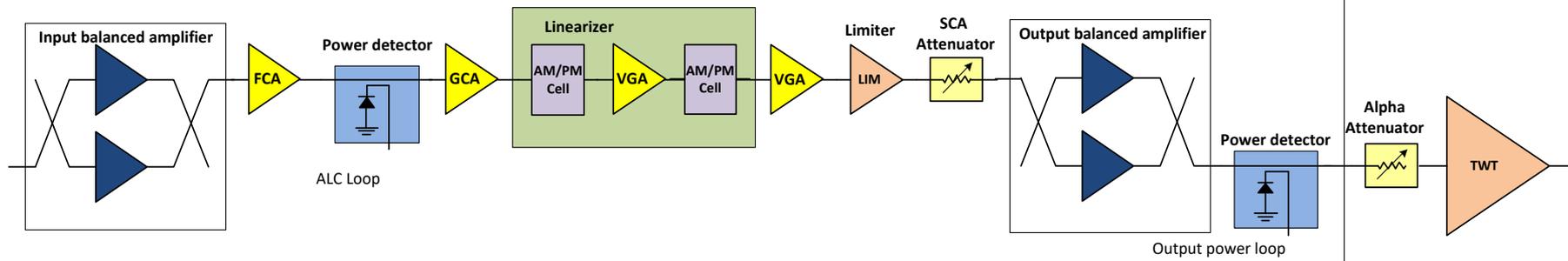
# Circuits actifs intégrés

- BiCMOS pour applications spatiales

*Chaîne de linéarisation et d'amplification en technologie AsGa*

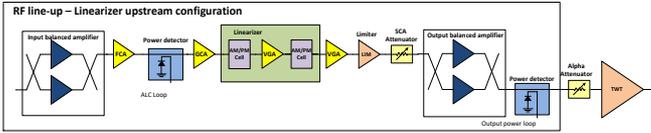


RF line-up – Linearizer upstream configuration

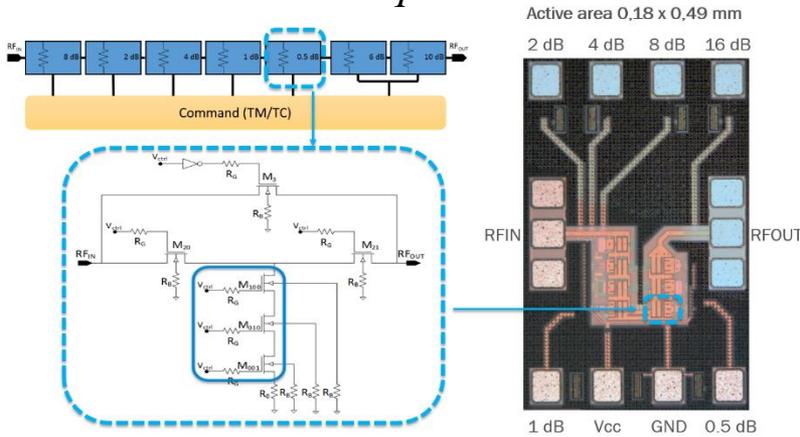


# Circuits actifs intégrés

- BiCMOS pour applications spatiales

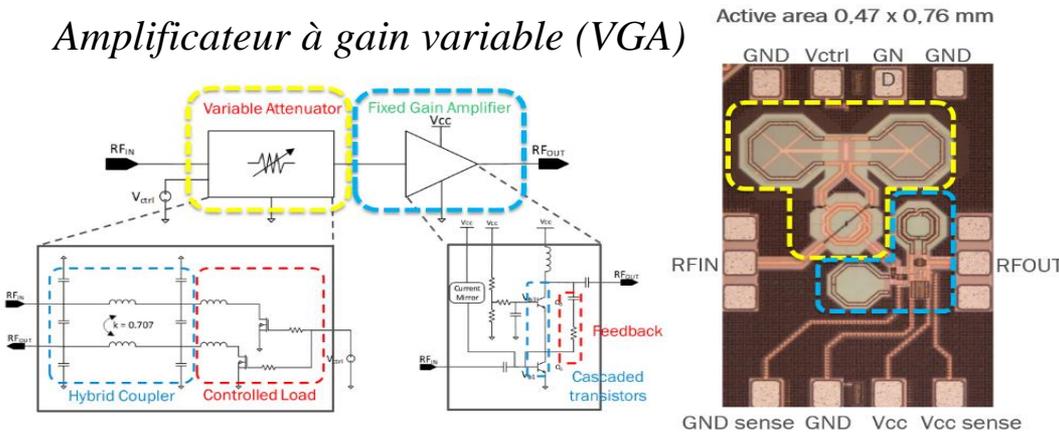


## Atténuateur variable numérique



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)

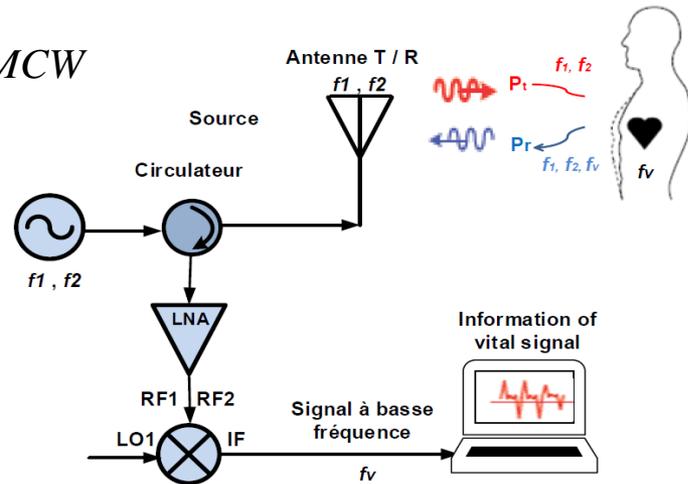


VGA – performances	Measurement	
Frequency range	[17.3 GHz ; 20.2 GHz]	
Gain range	[0 ; 12 ] dB	
Flatness vs frequency	1.4 dBpp	
Flatness vs control range	1.5 dB	
VGA AM/PM < +/-0.2° @ 17.3 GHz	-11 dBm @ min gain	-15 dBm @ max gain
Supply voltage	3 V	
Supply current	47 mA	
Operating temperature	-15°C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

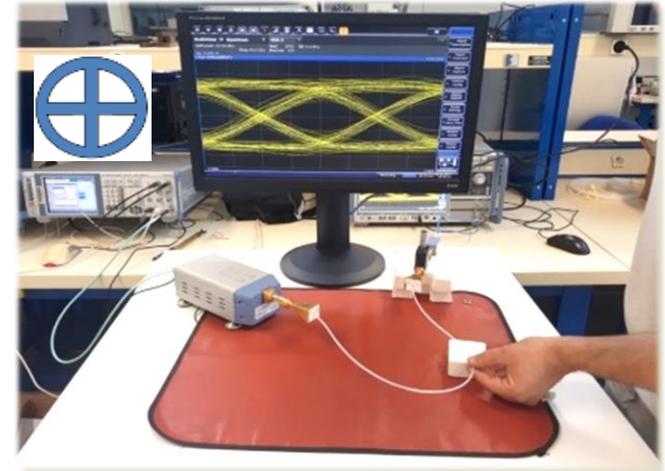
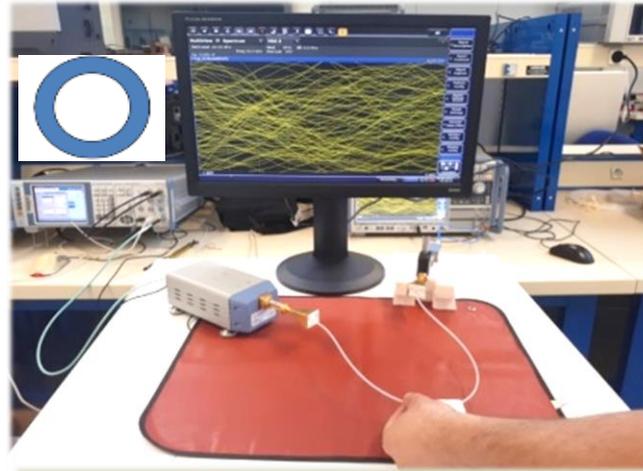
## *Radar harmonique FMCW*



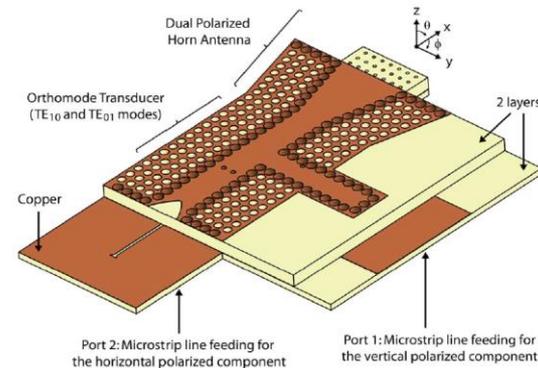
# Liens par guides d'ondes plastiques millimétriques

- 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

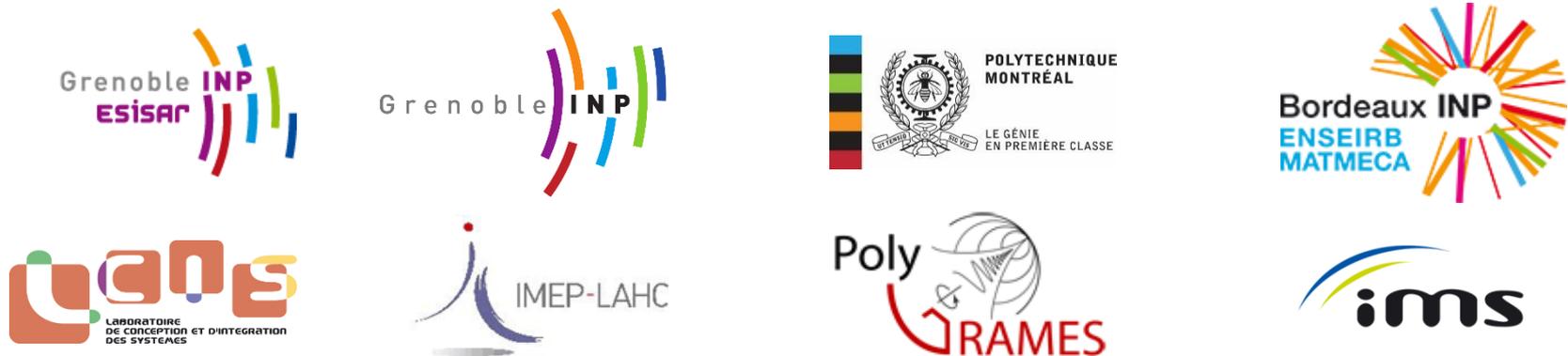
- Collaborations internationales
- Collaborations nationales académiques, institutionnelles et industrielles
- Collaborations régionales (Pôle ALPHA RLH & Aerospace, XLIM, industriels)

## 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**