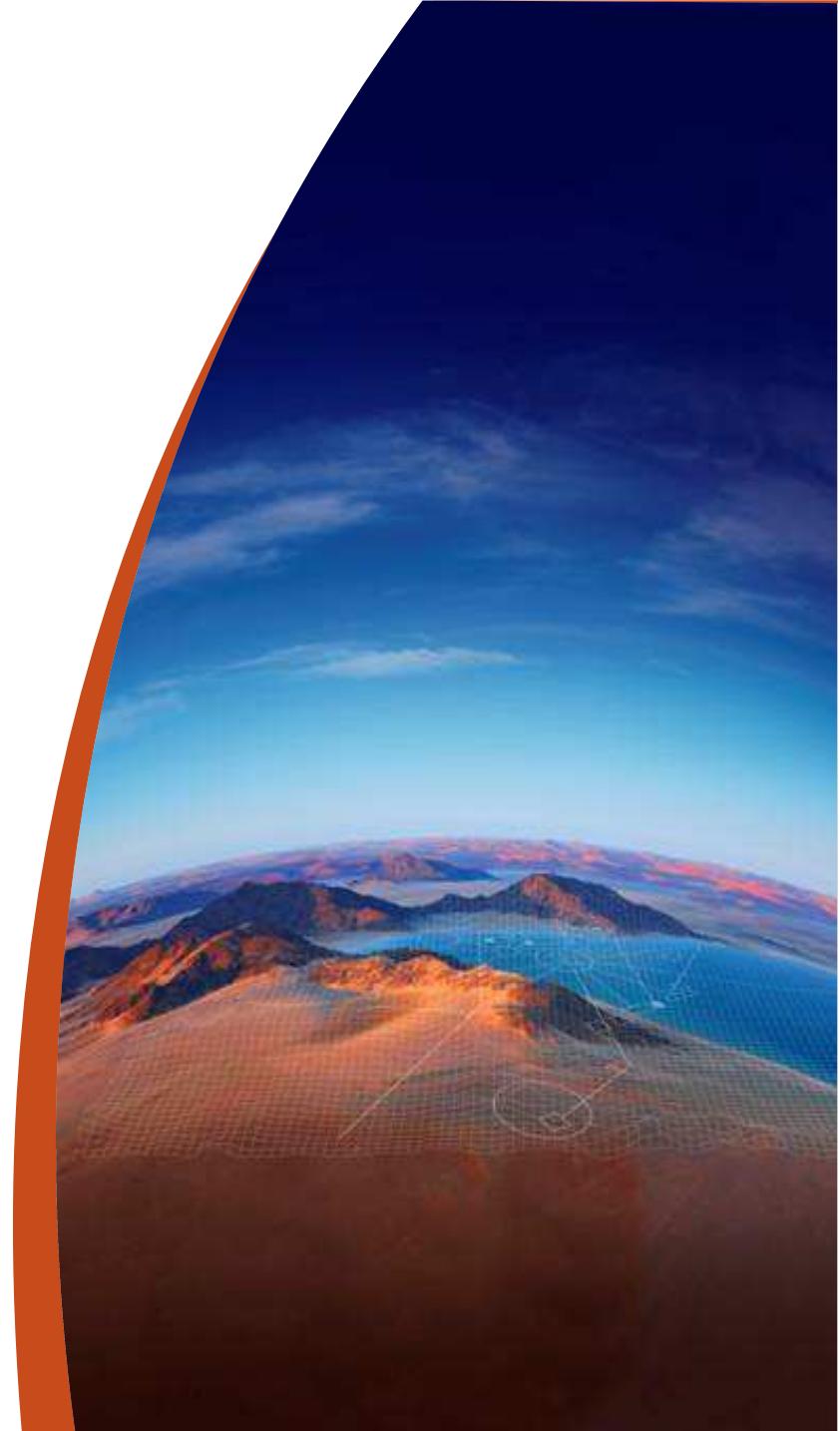




GaN at THALES DMS

VICTOR DUPUY & YVES MANCUSO
PARIS, 21/03/2018



Introduction : Future defence systems

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



Radars

- Increased detection capabilities
 - higher radiated power
 - increased receiver performances
- Thermal budget : advanced thermal management technology
- Power consumption budget : low power consumption circuits



Electronic Warfare and Communications

- AESA architecture allows performance improvement for both receivers (sensitivity) and jammers (radiated power)
- Broadband operation : 1 cm mesh -> tile architecture, 3D packaging



- ◆ Radars
 - Air, Land, Sea, Space
- ◆ Electronic Warfare Systems
 - Air, Land, Sea, Space
- ◆ Mission systems
 - Manned and unmanned mission aircraft



THALES

T/R Modules Architecture

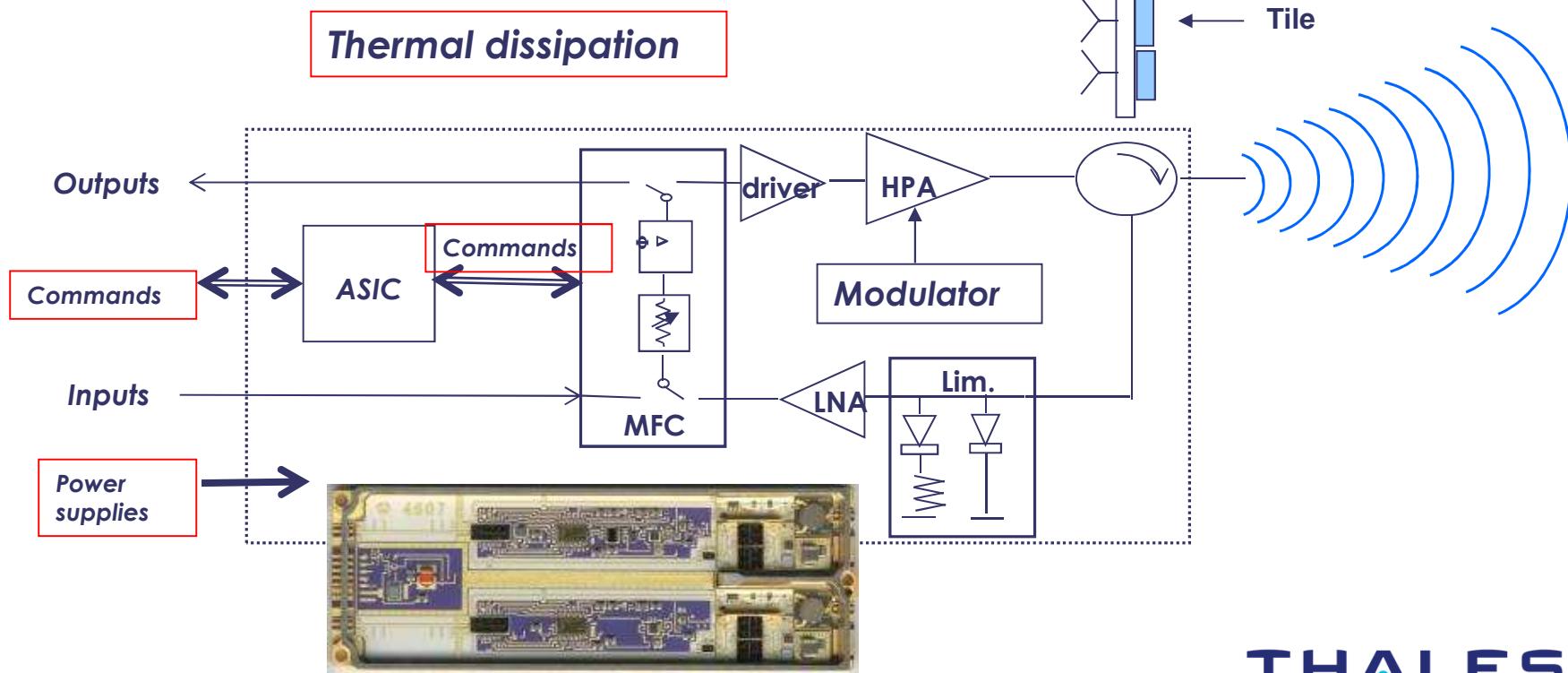
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.

In production with GaAs :

- Brick architecture

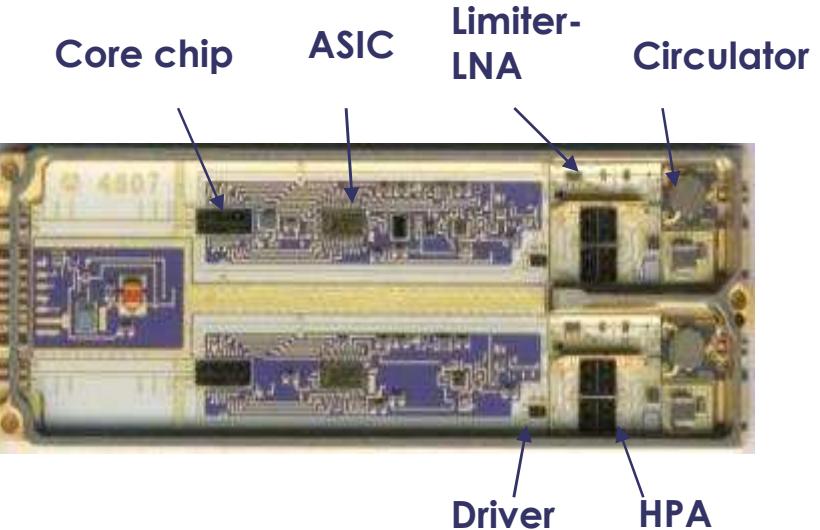
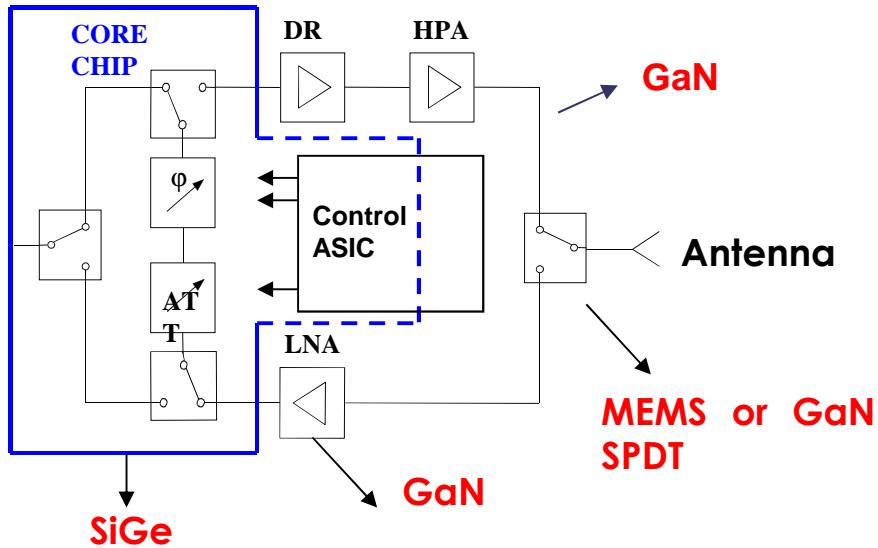
To-day with GaN : Multifunction antennas

- Tile architecture, 3 D



Critical Microwave Components Roadmap (THALES 10 years ago !)

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



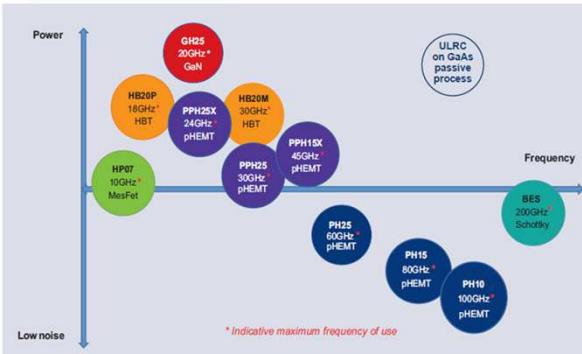
		short-term solution	mid-term solution
HPA	S-band	Si BJT -> GaAs HBT	GaN HEMT
	X-band	GaAs HBT, P-HEMT	GaN HEMT
	C-Ku band	GaAs P-HEMT	GaN HEMT
Core-chip	all bands	GaAs P-HEMT	SiGe
LNA	all bands	GaAs P-HEMT	GaN HEMT
T/R Switch	all bands	Circulator	Power MEMS



THALES

Motivation for WBG semi-conducteurs : GaN

GaN vs AsGa



*Indicative maximum frequency of use

Source UMS

Process	GH25_10 GaN	PH25 Low Noise	PH15 Low Noise	PH10 Low Noise	PPH25 Power	PPH25X High Power	PPH15X High Power
Active device	HEMT	pHEMT	pHEMT	pHEMT	pHEMT	pHEMT	pHEMT
Power Density	4.5W/mm	250mW/mm	300mW/mm	250mW/mm	700mW/mm	900mW/mm	800mW/mm
Gate Length	0.25µm	0.25µm	0.15µm	0.1µm	0.25µm	0.25 µm	0.15µm
$I_{ds} \text{ [mA/mm]}$ $I_{ds,off} \text{ [mA/mm]}$	750mA/mm 100mA/mm	200mA/mm 50mA/mm	220mA/mm 55mA/mm	280mA/mm	200mA/mm 50mA/mm	170mA/mm 45mA/mm	350mA/mm 57.5mA/mm
V_{DS} / V_{GS}	>10V	>6V	>4.5V	>5V	>12V	>18V	>12V
Cut off freq.	30GHz	90GHz	110GHz	130GHz	50GHz	45GHz	70GHz
V_{pinch}	-3.4V	-0.9V	-0.7V	-0.45V	-0.9V	-0.9V	-0.95V
$Gm \text{ max} / \beta$	300mS/mm	560mS/mm	640mS/mm	750mS/mm	450mS/mm	400mS/mm	480mS/mm
Noise / Gain	1.8dB / 11dB @15GHz	0.6dB / 13dB @10GHz 2dB / 8dB @40GHz	0.5dB / 14dB @10GHz	2.3dB / 4.5dB @70GHz	0.6dB / 12dB @10GHz	-	1.8dB / 6dB @40GHz

GaN is a breakthrough
for AESA

Physical properties superior to GaAs and Si :

- High power density, high breakdown voltage...

Requirements of microwave components for defence :

- Power, robustness, high linearity
- Wideband frequency coverage
- High voltage / high temperature operation

Potential applications for next generation defence systems :

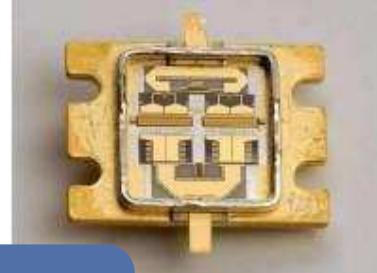
- AESA for airborne radars
- Electronic warfare
- Solid state transmitters
- Wideband sensors for advanced multi-function/role systems
- Wireless communication networks

Key enabler for AESA : RF chips & modules

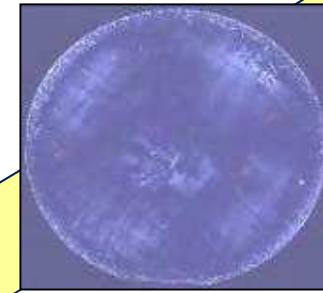
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni diffusé à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 Tous Droits réservés.



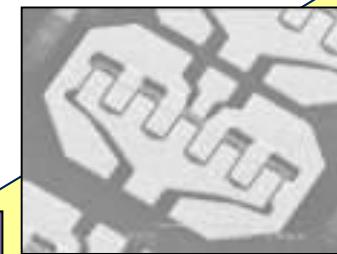
III-V components
GaAs, GaN



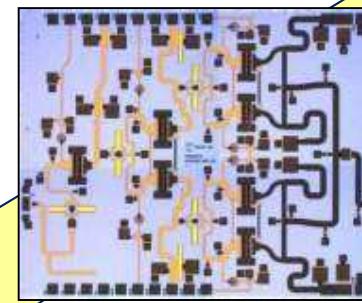
SUBSTRATES



EPITAXY

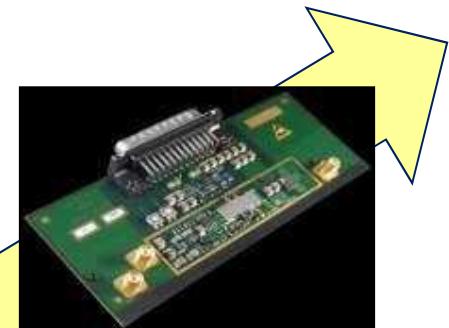


DEVICES

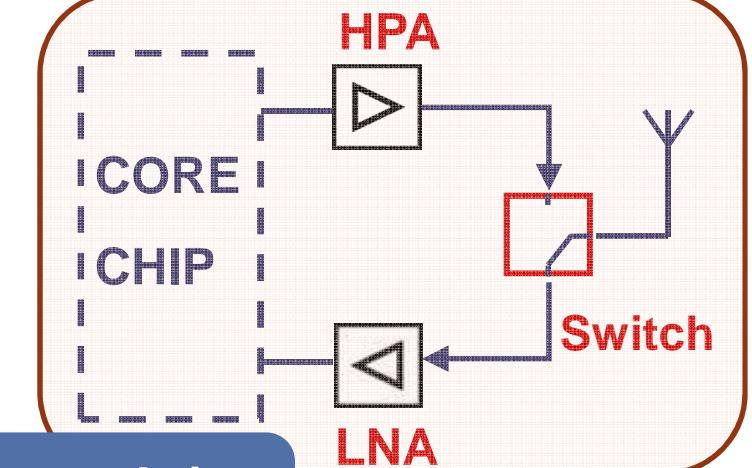


MMIC

RF Transmit /
Receive modules



INTEGRATION



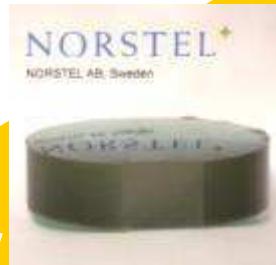
THALES

The first GaN European supply chain: KORRIGAN

**Key Organisation for Research
in Integrated Circuits in GaN Technology**
Consortium of 7 nations and 27 partners
(18 Industries, 9 Universities)



2005



SUBSTRATES

- material selection : SiC, Si, Sapphire
- diameter expansion 2" to 3"



EPINTAX

- GaN HEMT epi wafer growth
- advanced materials
- commercial sources



DEVICES

- device processing
- high voltage passives
- device models
- design guide
- reliability & robustness evaluation



**Thales Airborne Systems
leads the project**



THALES

2009



INTEGRATION

- thermal management
- assembly
- packaging
- FE modules
- system impact



The second European Programmes addressing GaN

Ce document ne peut être reproduit, modifié, traduit, publié, traduit, d'après ou diffusé sans l'accord préalable de Thales - ©Thales

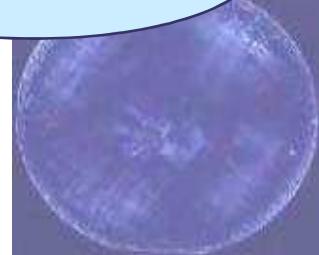


MANGA

Norstel, SiCrystal



SUBSTRATES



EPITAXY



DEVICES

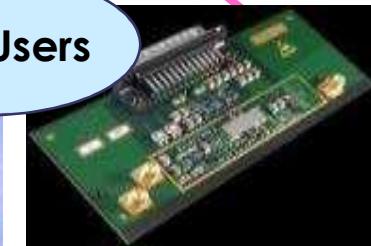
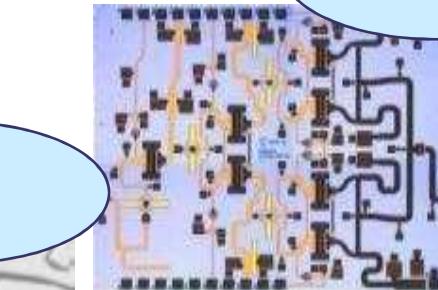
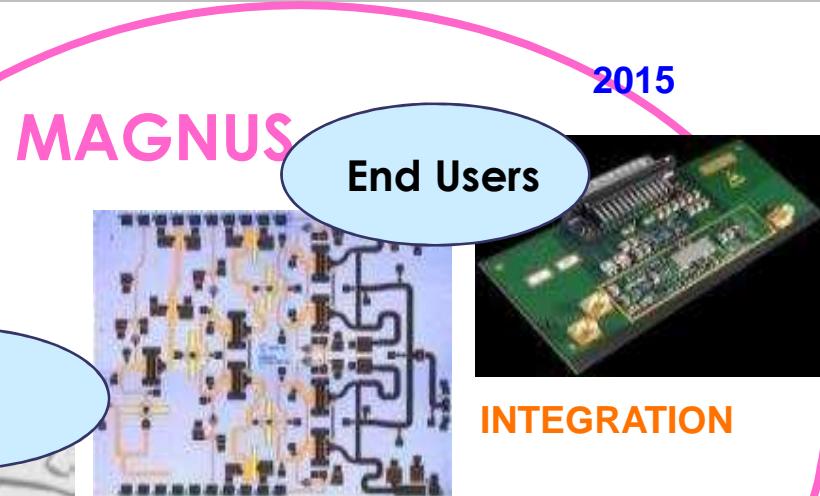


MMIC

**Project led
by Thales TSA**



UMS



INTEGRATION

2015

THALES

MAGNUS Achievements

Consortium

- Thales Systèmes Aéroportés (Fr), Thales Air Systems (Fr)
- Selex ES (UK), Thales UK
- Saab (Sw)
- Thales NL, TNO (NL) as sub-contractor
- Airbus D&S (Ge)
- UMS as sub-contractor for **GaN 0.25 µm process**

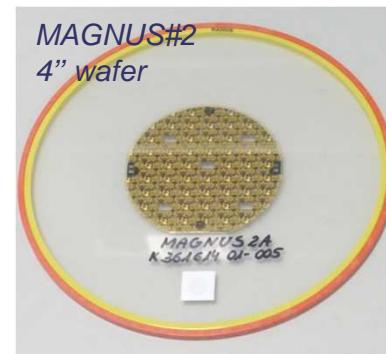
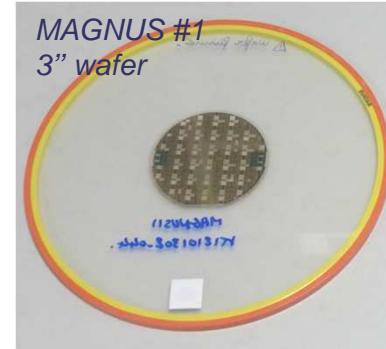
Results

- 2 shared runs
- more than 20 MMIC demonstrators (S, X, S-C, S-Ku, C-Ku, X-Ku bands)
- 5 modules demonstrators
- successful demonstration

Summary of measured and delivered quantities

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.

Partner	RUN	Function	Frequency	Quantity Delivered
TSA	#1	HPA / Driver	X-Band	80
	#2	HPA	X-Band	194
AIRBUS	#1	HPA / Switch / LNA / Driver	X-Band Wide-Band	84
	#2	Filter / Driver	X-Band	192
SELEX	#1	HPA / Switch / Mixer / Powerbare / LNA	X-Band Wide-Band	109
	#2	HPA / CoreChip	Wide-Band	199
THALES UK	#1	HPA	Wide-Band	36
	#2	HPA (double of Run#1)	Wide-Band	48
SAAB	#1	HPA / Switch / LNA	S-Band Wide-Band	91
	#2	Switch / LNA / HPA / Filter	Wide-Band	232
TR6	#1	LNA	S-Band	46
	#2	LNA	S-Band	65
TNL	#1	LNA / SWITCH / Mixer	X-Band	93
	#2	CoreChip / LNA+SPDT / HPA	X-Band	133



More than 1300 MMICs delivered

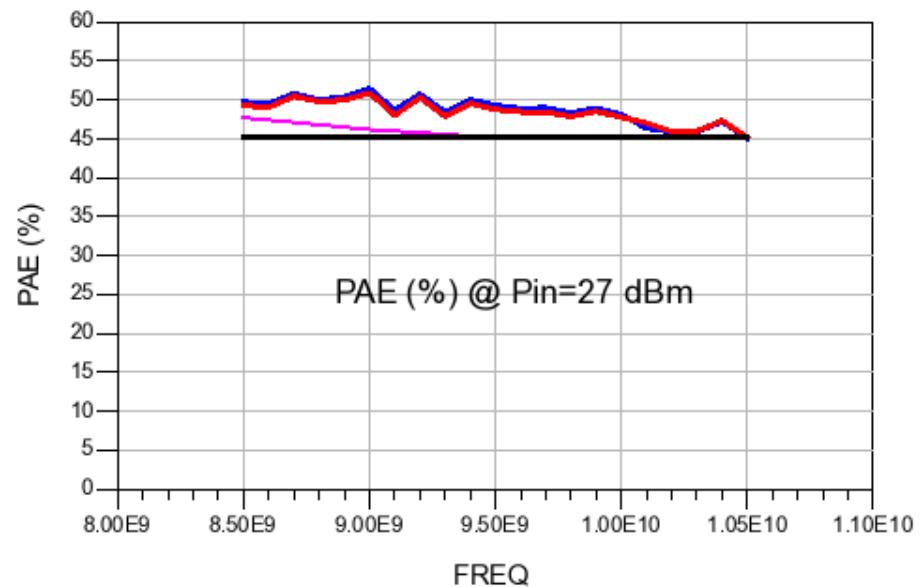
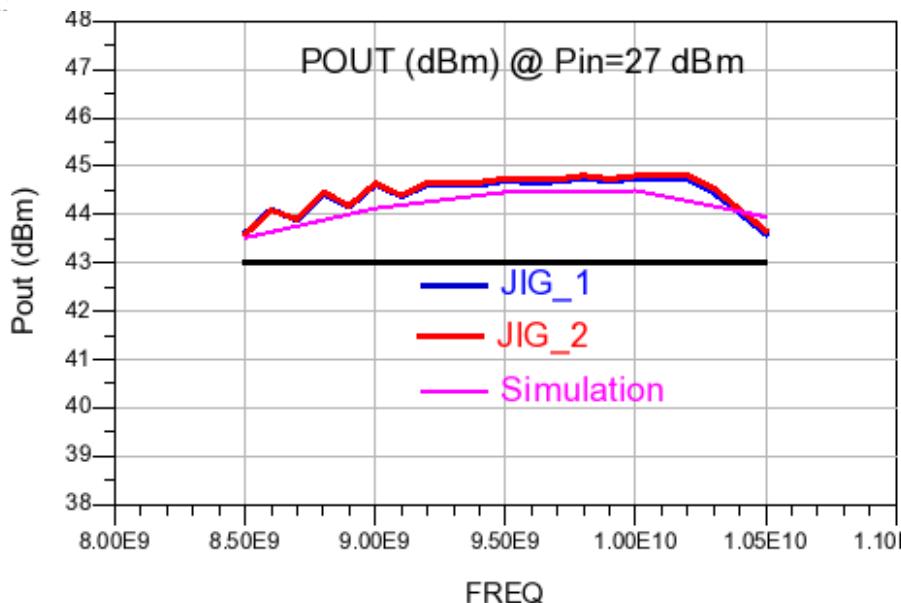
THALES

DMS FRANCE : X-Band power chipset

- Thales Systèmes Aéroportés designed a X-band power chipset :
 - one HPA (Longane2) with a very high PAE level
 - one driver (Origan2)
- Excellent performance measured for the HPA over 8.5-10.5 GHz thanks to a design methodology which takes into account the signal at fundamental and second harmonic frequencies
- Very good correlation simulations / measurements

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie,
; 2015 tous Droits réservés.

Pout = 25 W PAE = up to 50%

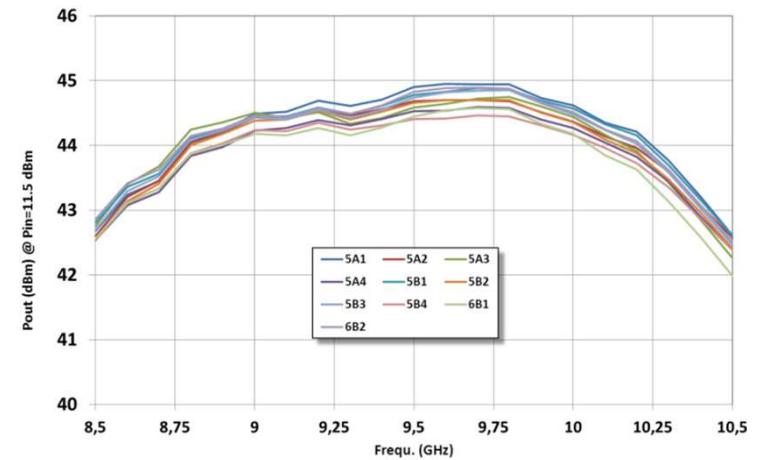
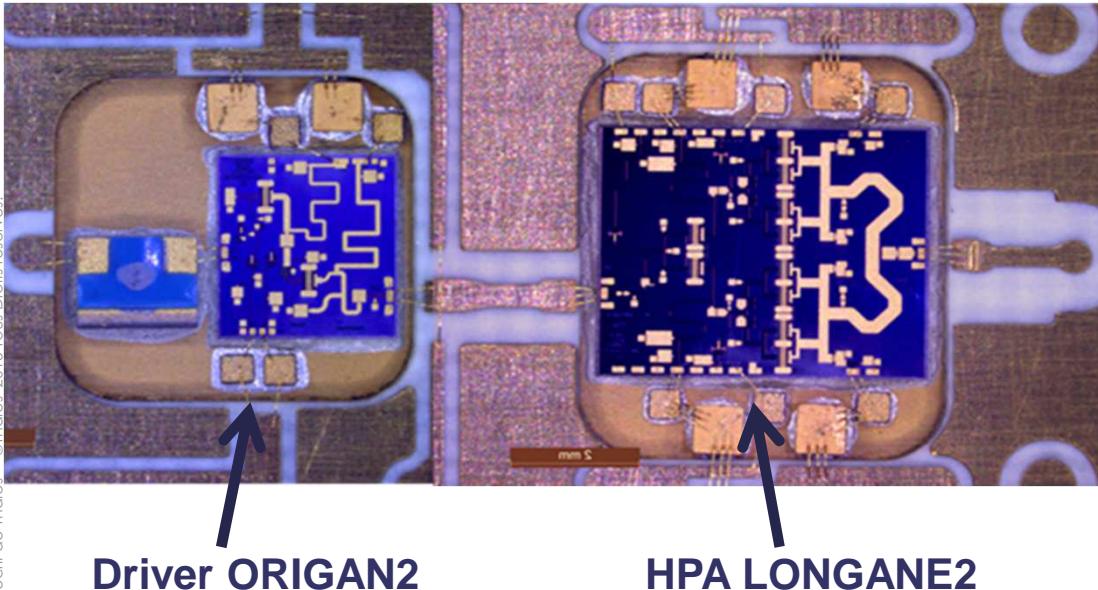


THALES

DMS FRANCE : X-Band power chipset

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous droits réservés.

X band chipset

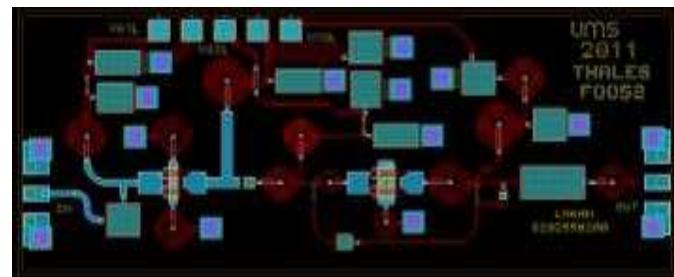
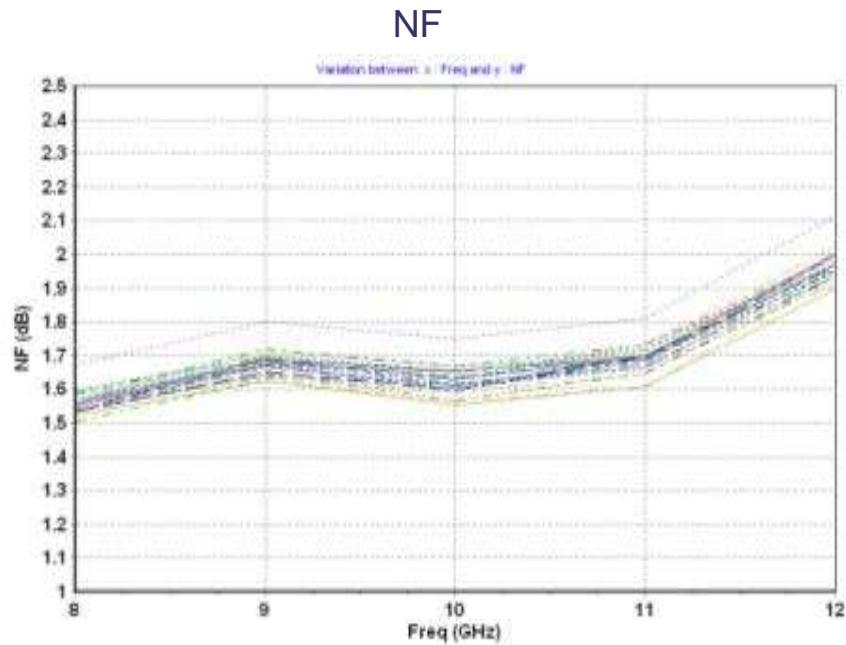
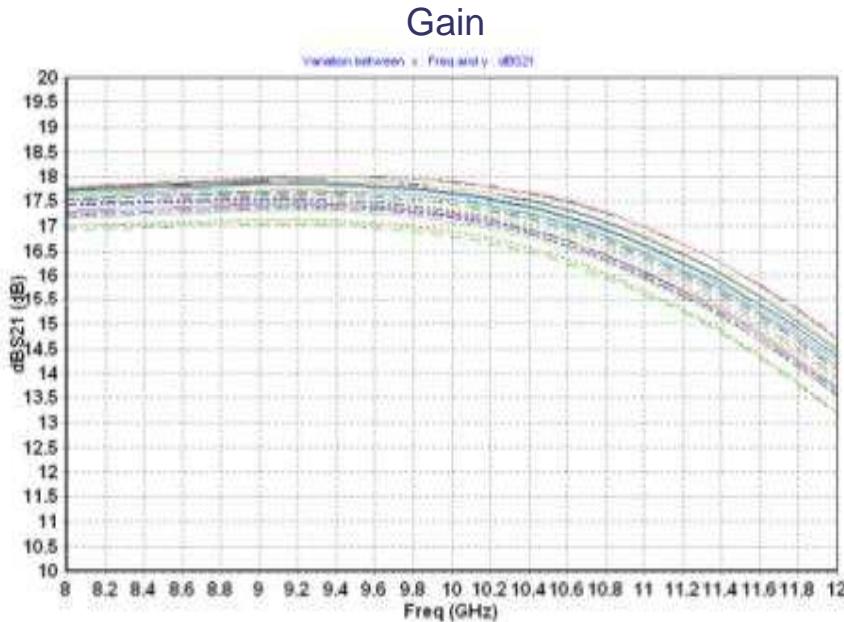


Longane2 HPA is now available as an UMS catalog product (CHA 8710)

THALES

Robust GaN X band LNA

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



THALES

THALES



↗

MUSTANG EoI

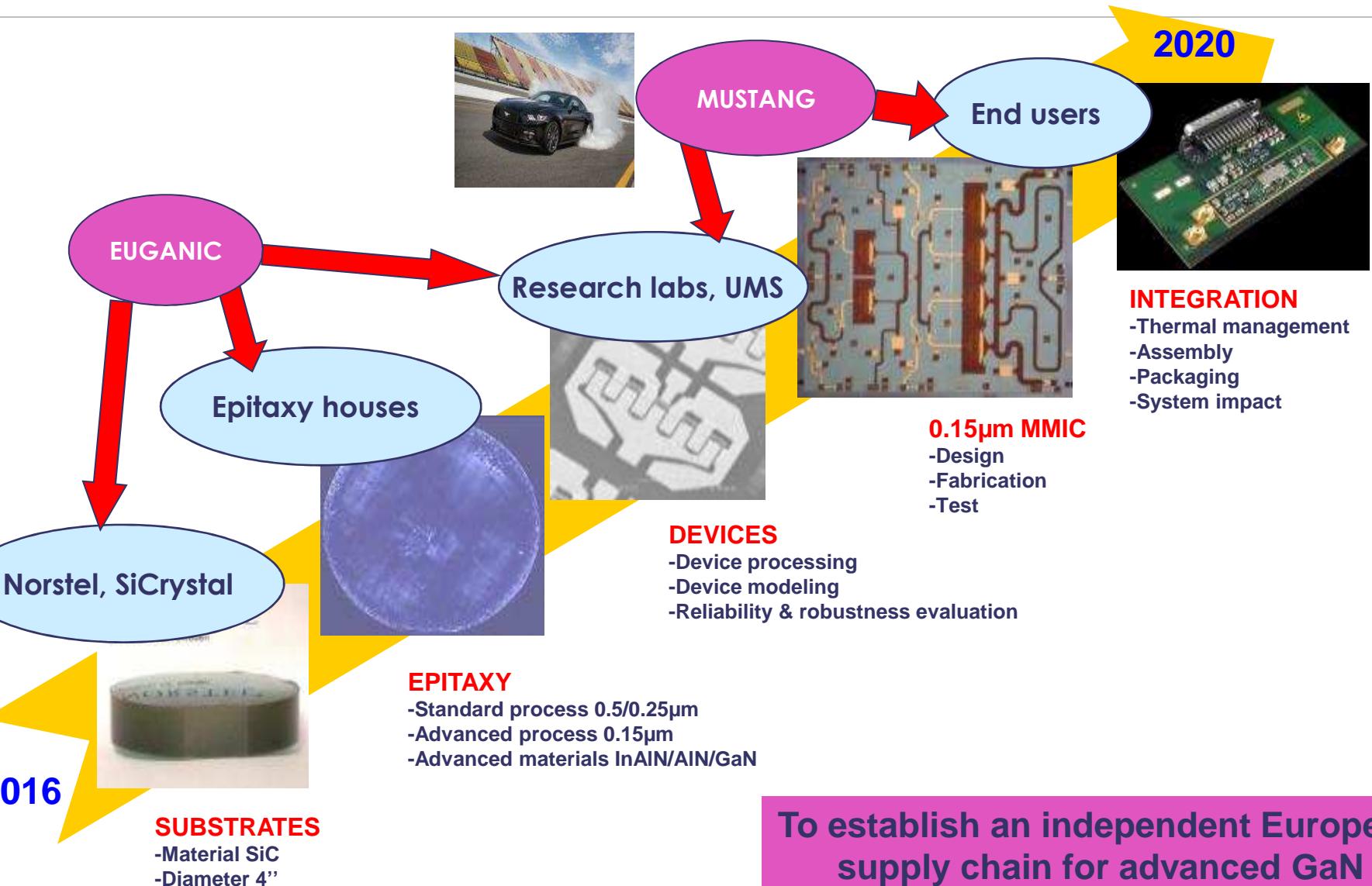


GaN Technology with UMS GH15 process

BRUXELLES, 06-02-2018

GaN Technology : New Strategic Objectives with GH15

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable écrit de Thales - ©Thales 2015



To establish an independent European supply chain for advanced GaN

THALES

MUSTANG Objectives

Needs

- Military applications for Ku, Ka-band and beyond : SatCom, missile seekers, high data rate communication...

Competition

- COTS : Qorvo, Northrop-Grumman, HRL
- Foundry : Qorvo
- Large DARPA fundings



WBS

- Shared runs
- MMIC demonstrators
- Module demonstrators

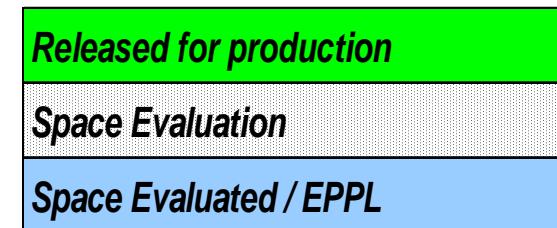
Roadmap UMS GaN

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adopté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 Tous Droits réservés.

UMS Technology Portfolio (Overview & roadmap)		BCB	2016	2017	2018	2019	2020	2021
GaN								
	GH50	(x)						
	GH25	(x)						
GaN HEMT	GH15	(x)						
	GH10							

BCB protection only available for glued chips

Revision : April, 2017



MUSTANG Proposal

Schedule

- T0 : late 2018
- 3 years
- Planning compliant with UMS high frequency GaN development program (DK)

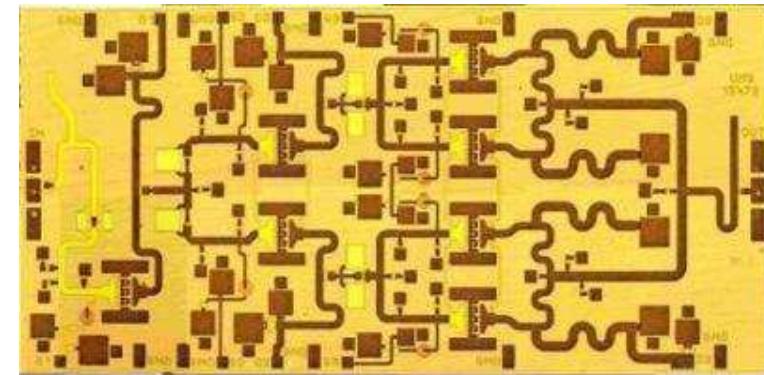
Consortium

- THALES DMS France
- Thales Comm. & Sec. (Fr)
- Hensoldt (Ge)
- Saab (Sw)
- Elettronica (It)
- UMS as sub-contractor for GaN 0.15 µm process

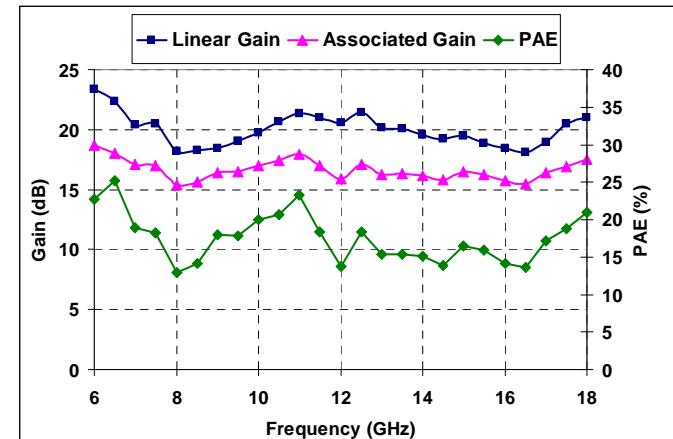
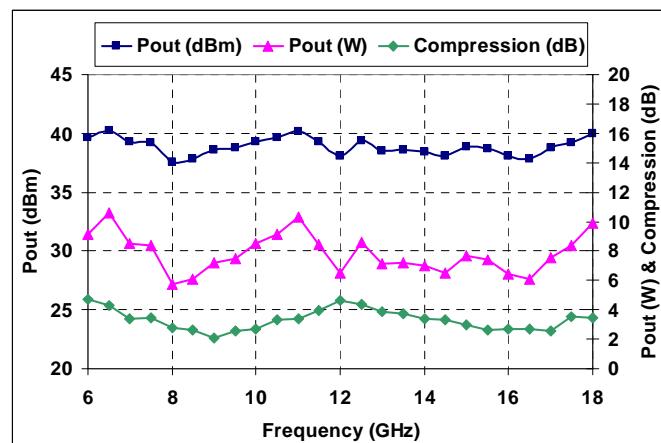
Power GaN wide band chip for EW: today

GaN GH25

- 6-18GHz HPA
- 8-10W Output power around 3dBC
- 20% PAE @ 18GHz
- 20dB linear Gain @ 18GHz



6-18GHz wide Band HPA

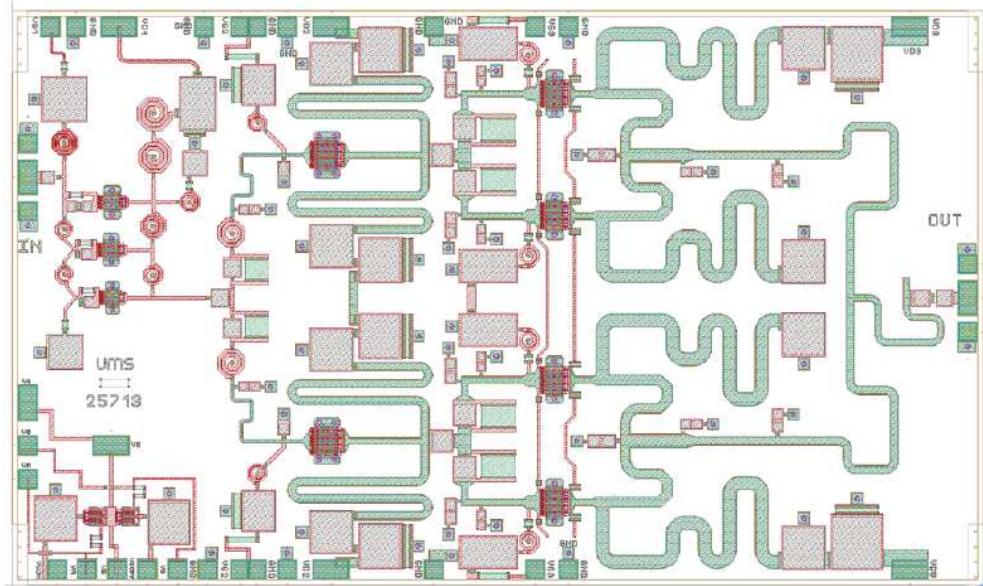


Power GaN wide band chip for EW: tomorrow

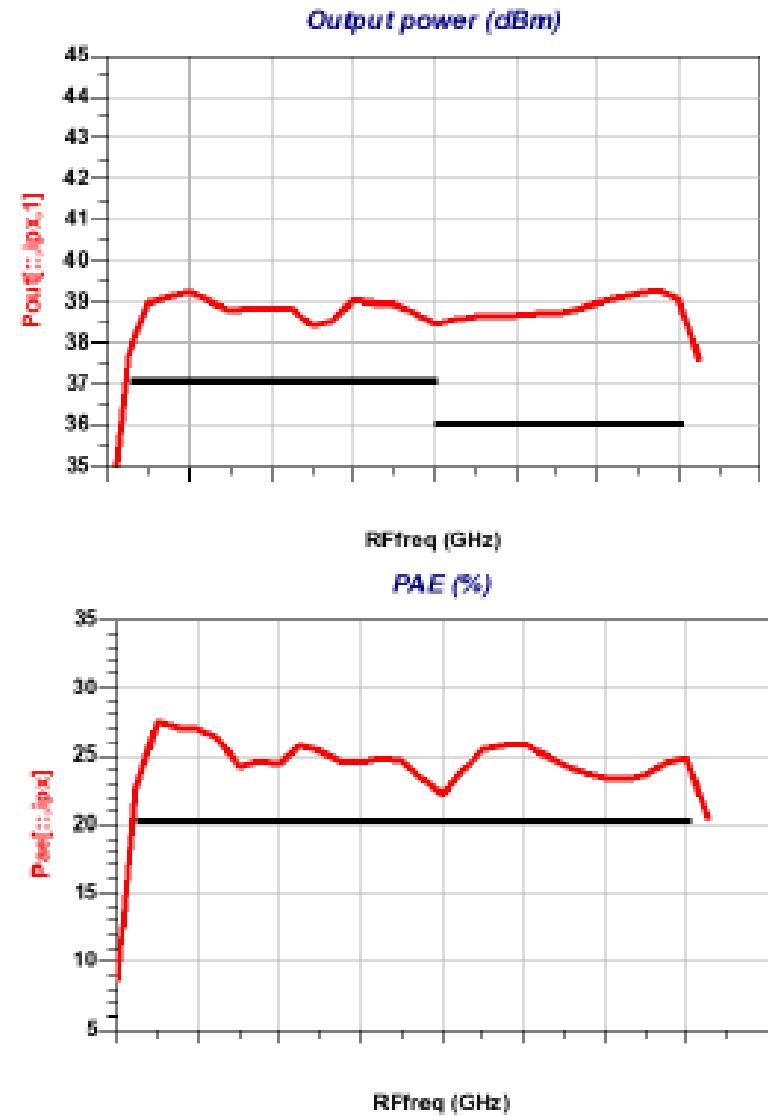
UMS first realization on GaN GH15

- BW around 15GHz (C to Ku Band)
- Pout > 38dBm
- PAE > 20%
- 25 dB linear gain

Chip area: 5.83 X 3.48 mm² (with dicing streets) => 20.29 mm²



Improved performances in terms of Pout, PAE and flatness compared to GH25



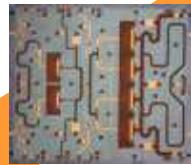
THALES

Solid-State Power Amplifiers in X-band

From MMIC to SSPA:
Design Approach using Building Blocks

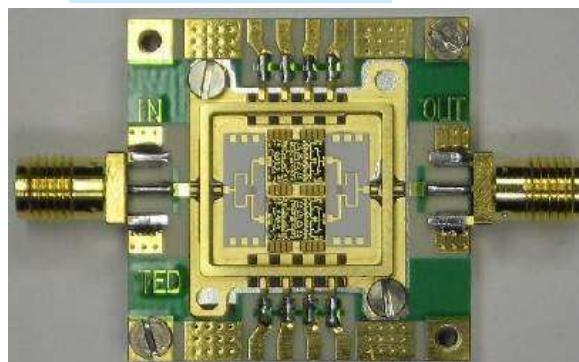
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.

UMS chip

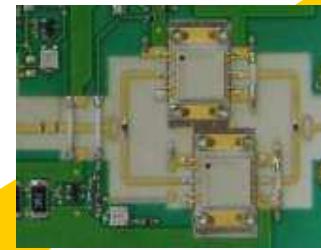


MMIC

25 W 40%



Demonstrators



100 W class MODULE

Architecture analysis

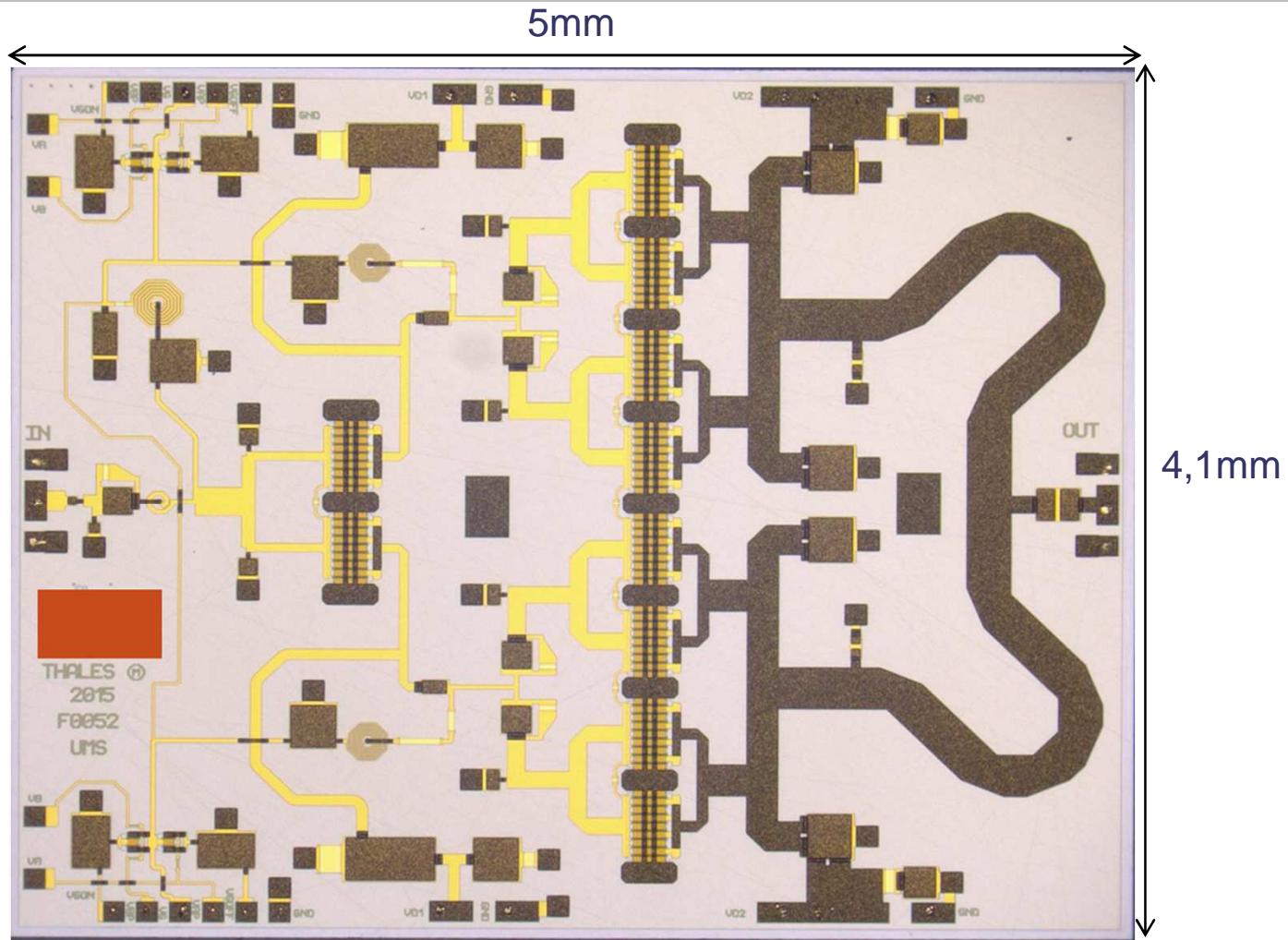


300 W SSPA

THALES

HPA MMIC 35W Xband

Layout



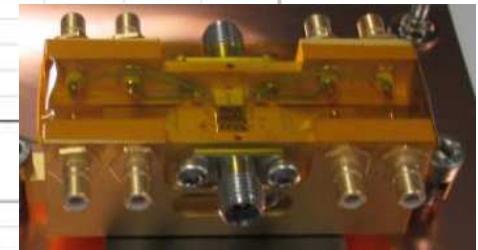
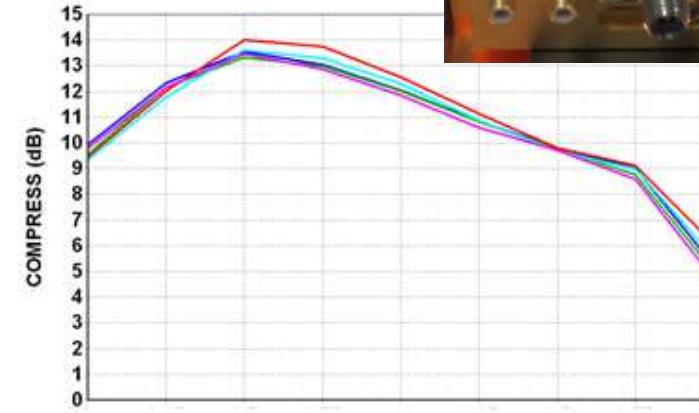
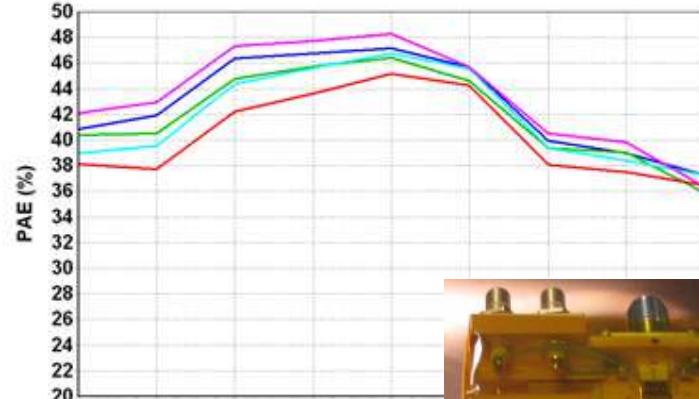
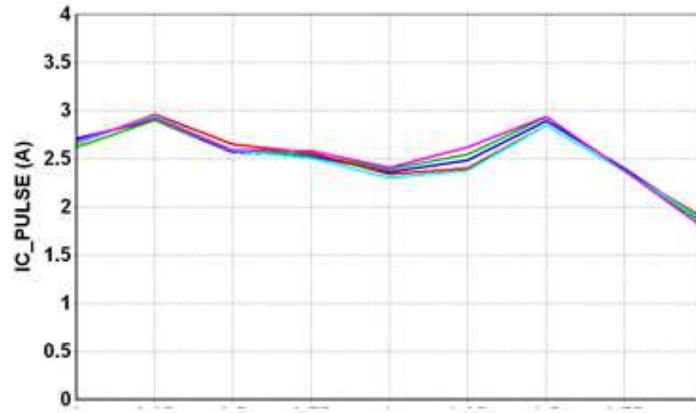
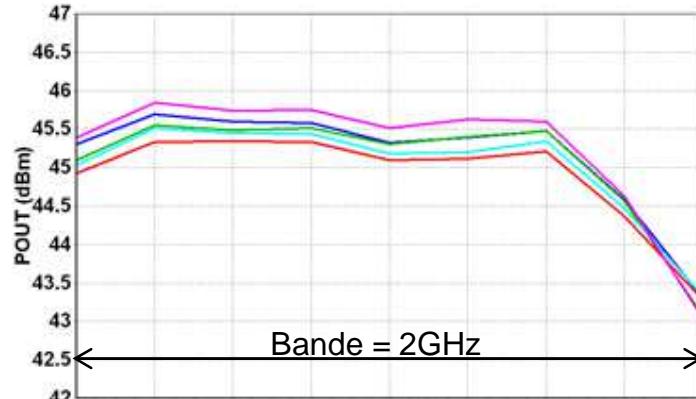
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.

HPA MMIC 35W Xband

Mesures en jig de test : 5 puces

LI=1μs; FF=10%; VD=30V, Pin=28dBm, T=25°C

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



- Pout > 45dBm sur une bande 1GHz
- PAE > 40% sur une bande de 1GHz

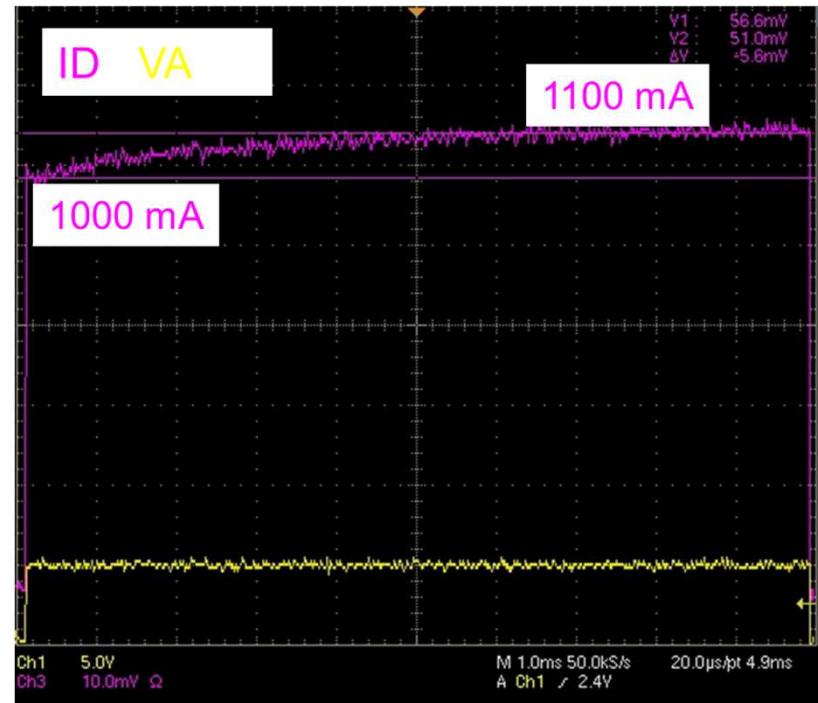
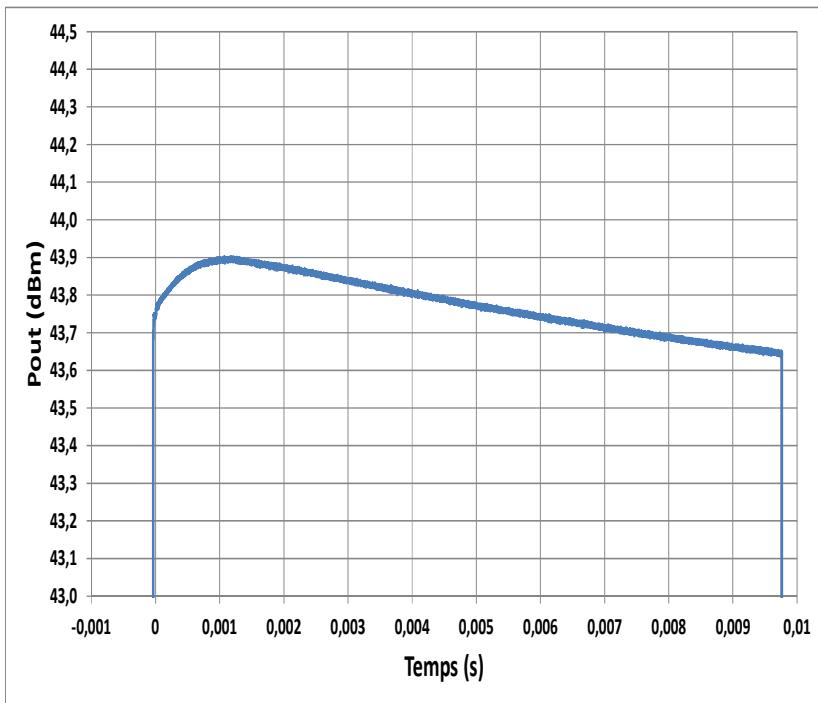
THALES

HPA MMIC 35W Xband

Mesures temporelles:

LI=10ms; FF=10%; VD=30V, Pin=26dBm, T=25°C

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



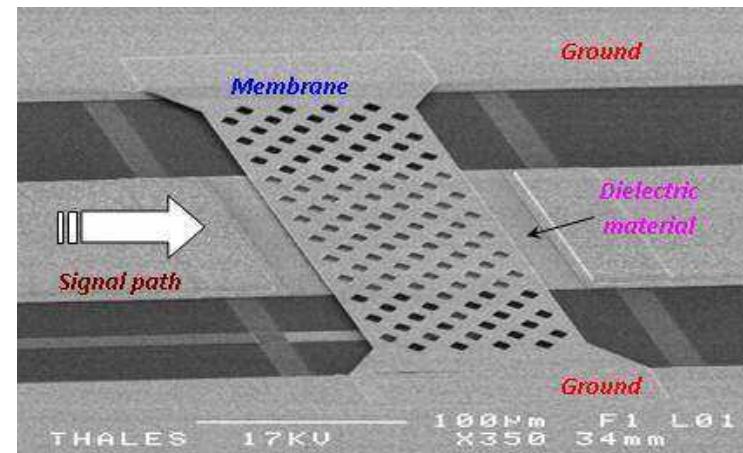
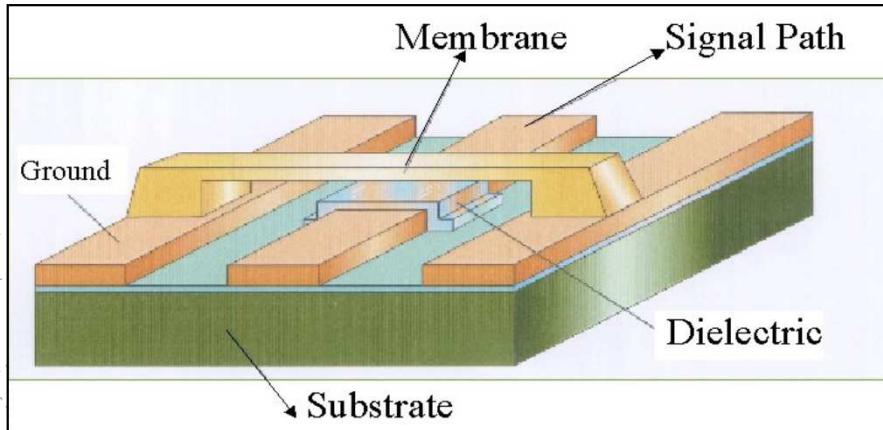
- Dans une impulsion de 10ms, sans refroidissement, la puissance chute de moins de 0,2dB
- Régime transitoire de 3ms pour atteindre un courant stabilisé



THALES

Thales capacitive RF- power MEMS switches

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



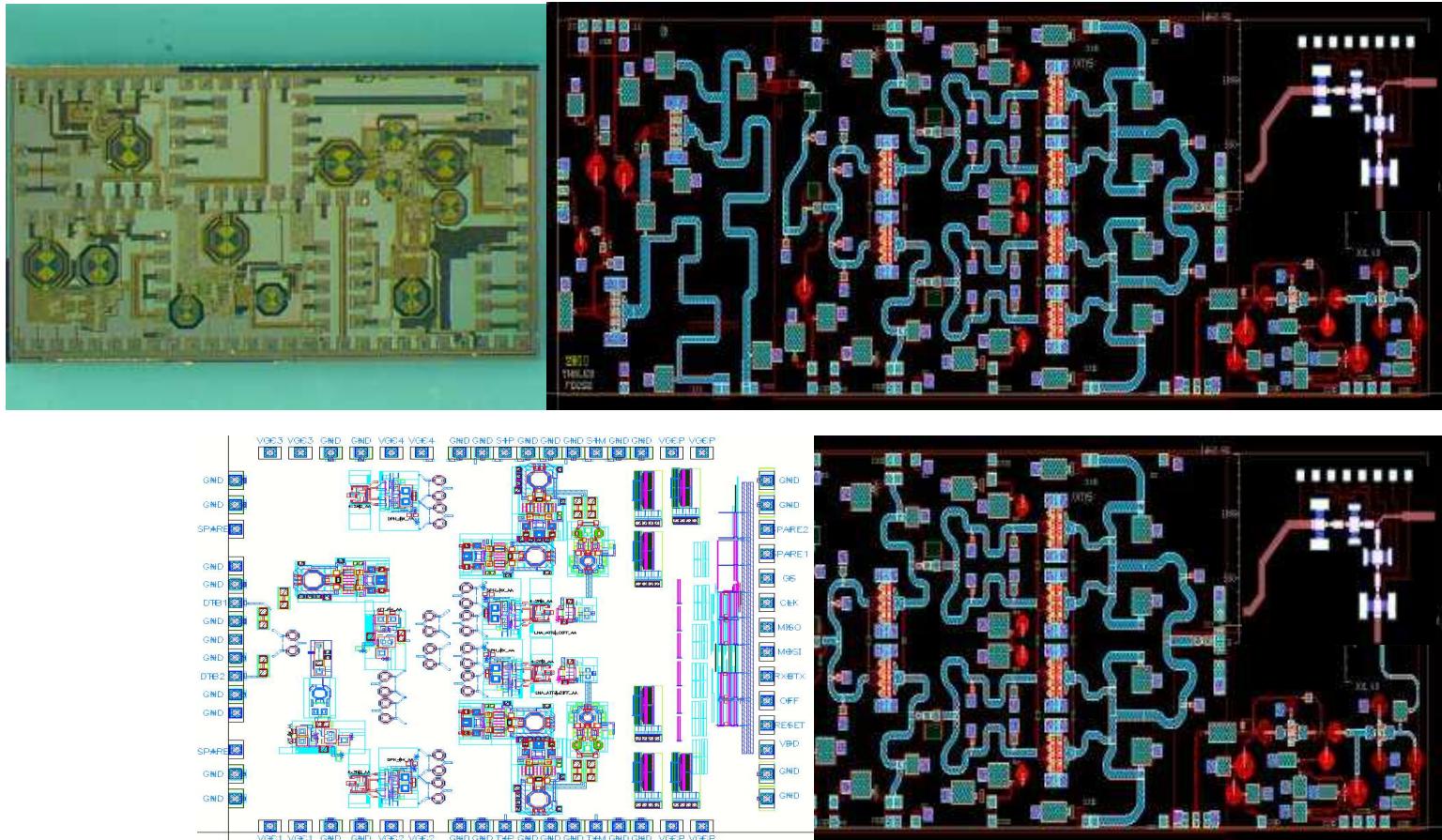
	Typical characteristics
Membrane Dimensions (L*W*T)	280µm * 100µm * 0.7µm
Air Gap (membrane - dielectric layer)	2 – 2.5µm
CPW dimension	80µm / 120µm / 80µm
Dielectric layer	<ul style="list-style-type: none">Thickness about 200 nmChosen as function of frequency range



This document is the property of Thales S.A. - All rights reserved

THALES

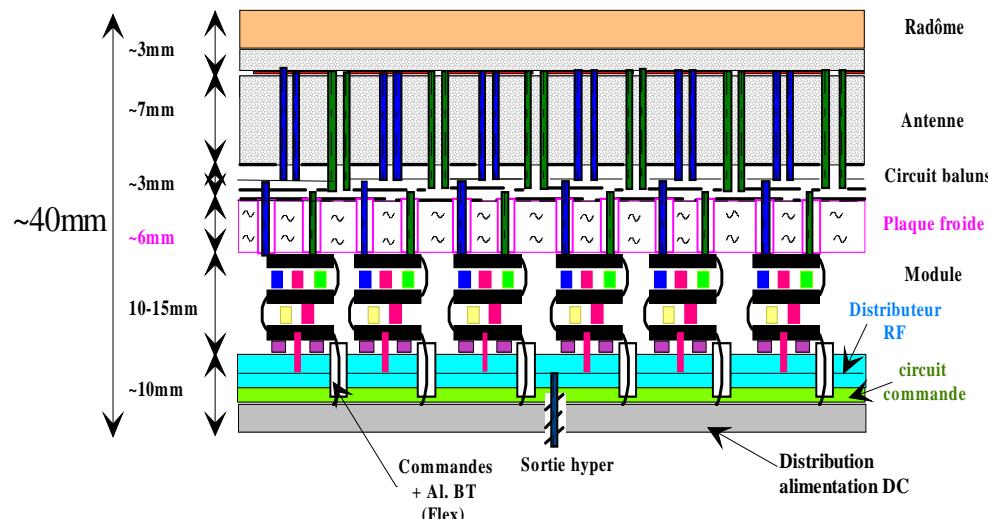
1 T/R module / 2 chips : yes Thales can



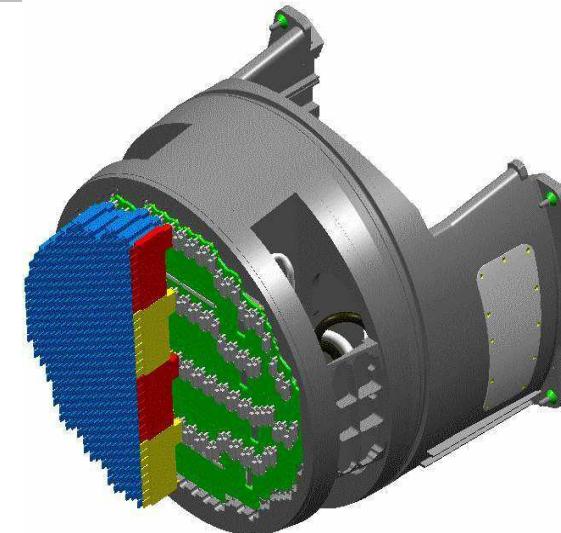
- Driver, HPA, LNA en GaN, switch Rx/TX MEMS sur un même substrat SIC
 - MFC &Driver en SiGe, HPA&LNA en GaN avec switch MEMS

Tile Antenna

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



Tile antenna



Brick antenna



Aerospace

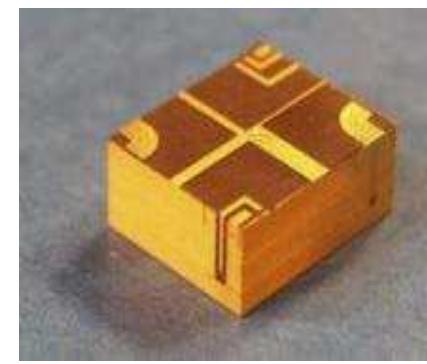
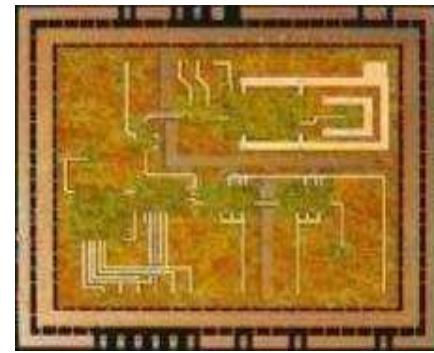
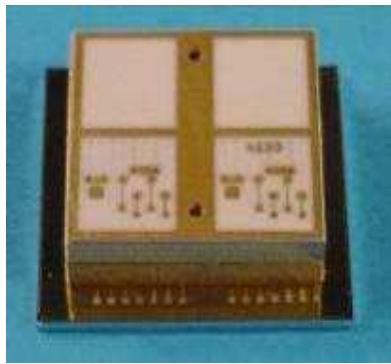
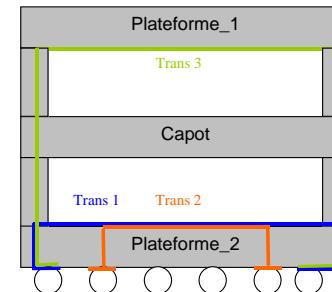
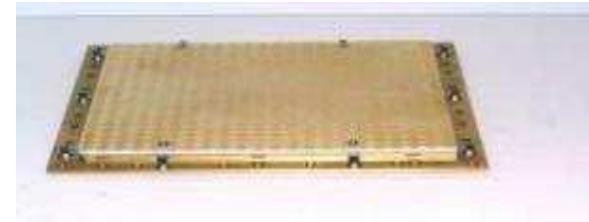
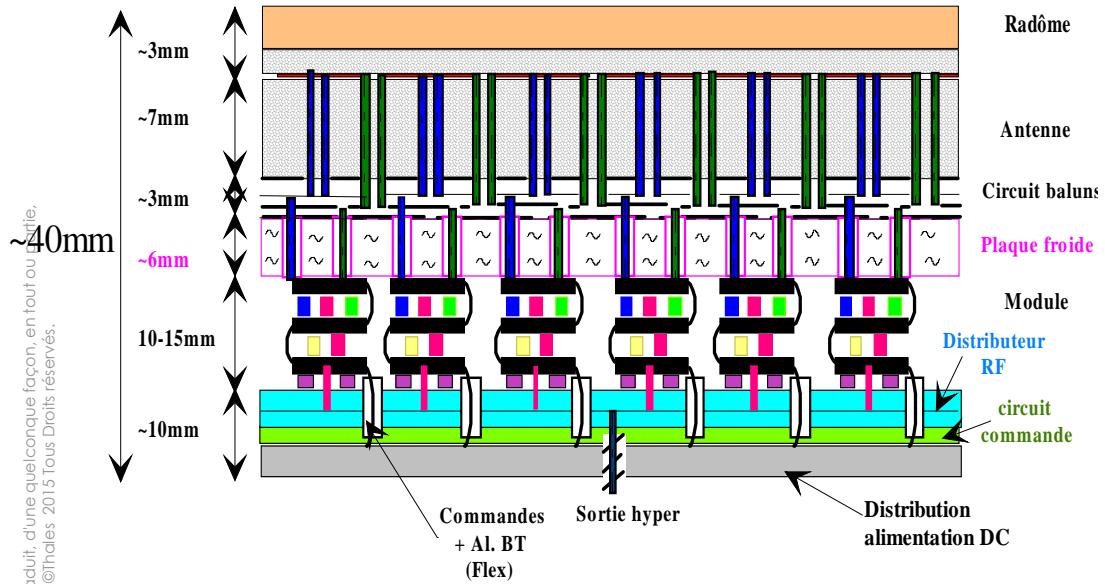
This document is the property of Thales S.A. - All rights reserved

**SIGNIFICANT REDUCTION
OF THE THICKNESS
(30 cm to 5 cm)**

THALES

Multifunction Antennas with tile modules

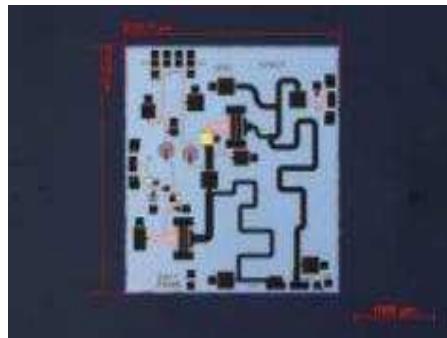
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie,
ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



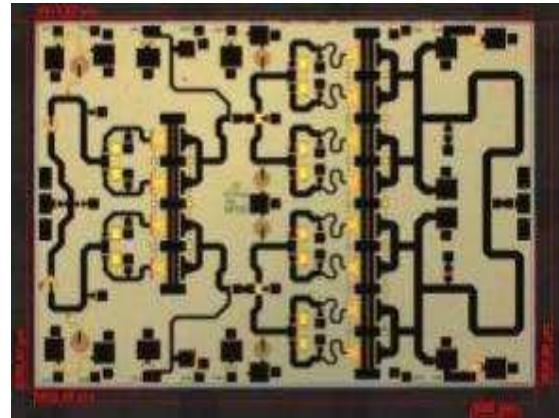
THALES

2D tile silicon substrate modules

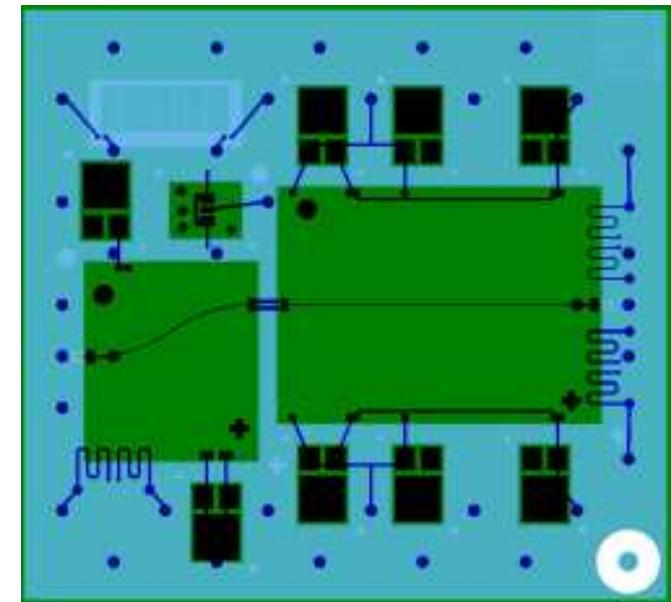
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué sans l'accord préalable et écrit de



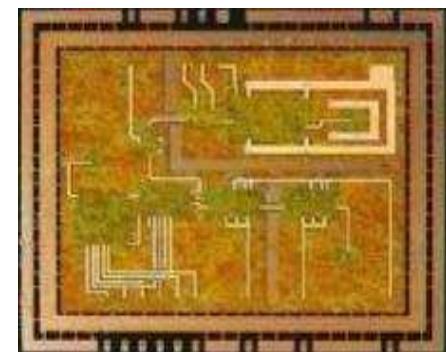
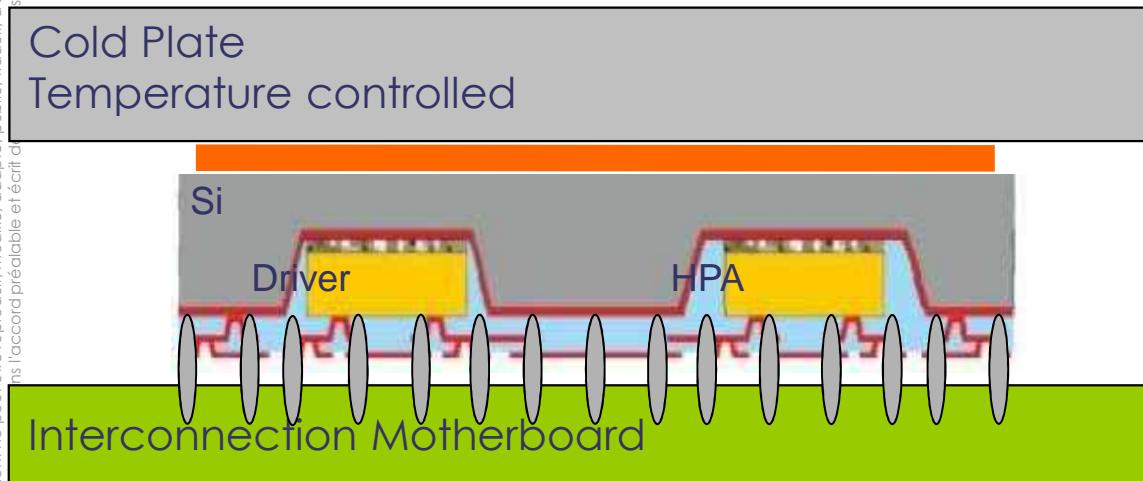
GaN Driver



GaN HPA

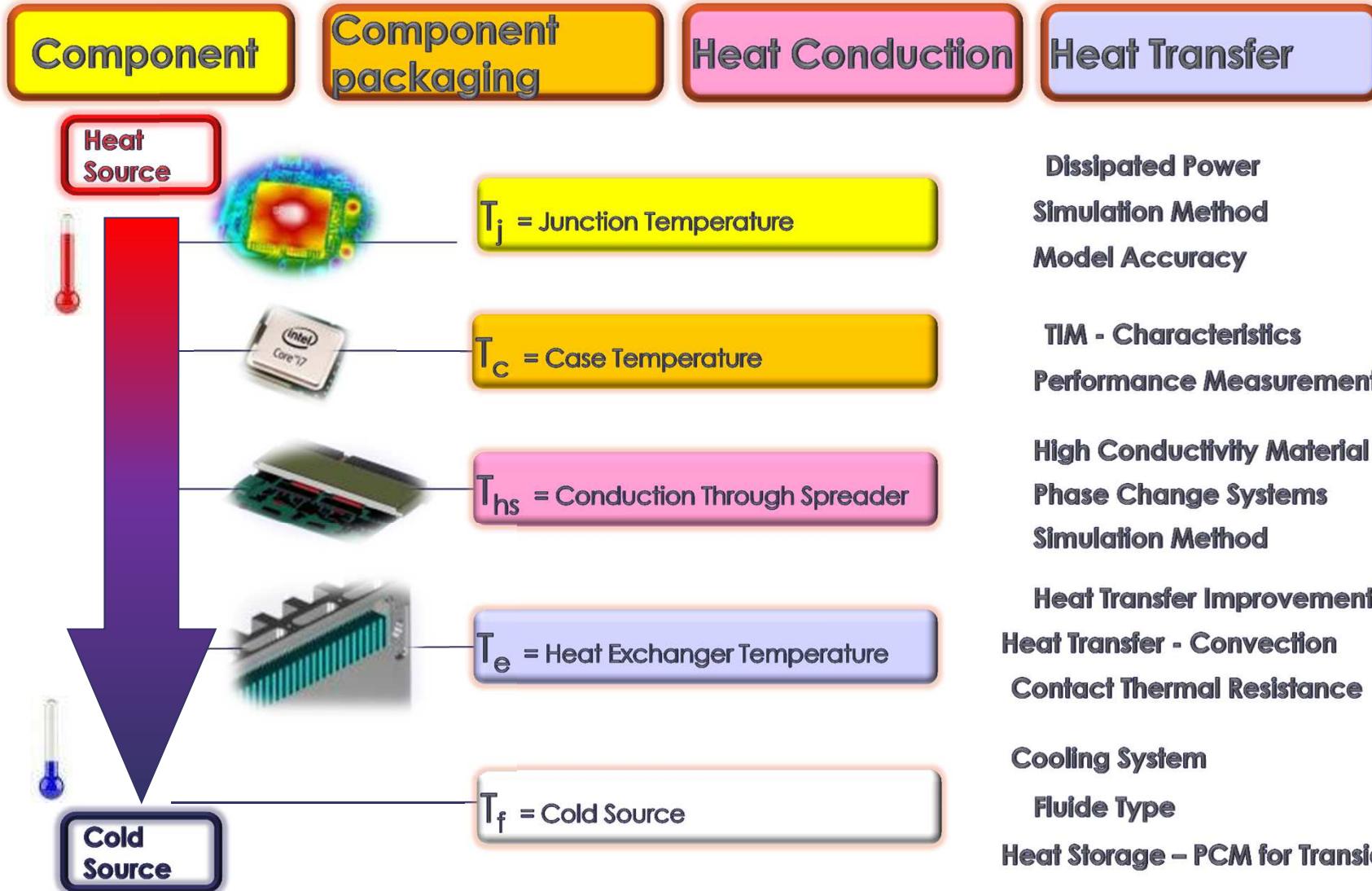


Cold Plate
Temperature controlled



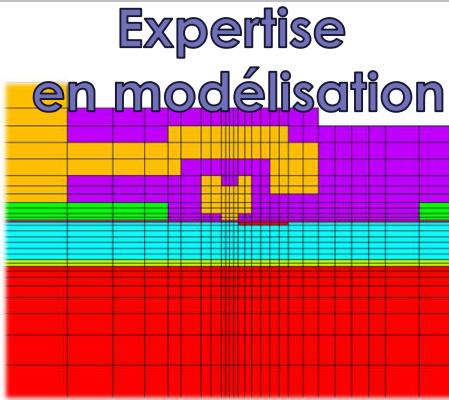
Thermal challenges - Heat Path

Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



Caractérisation thermique des composants hyperfréquences

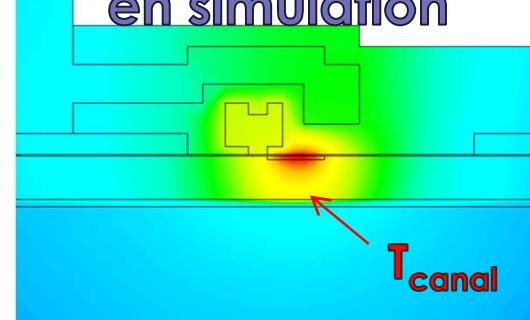
Ce document ne peut être reproduit, modifié, adapté, publié, traduit, d'une quelconque façon, en tout ou partie, ni divulgué à un tiers sans l'accord préalable et écrit de Thales - ©Thales 2015 tous Droits réservés.



→ Définition du maillage et du modèle thermique optimal



Expertise en simulation



→ Estimation de la température de canal en fonctionnement (CW et pulsé)

Thermoreflectance et Thermographie IR (TRT)

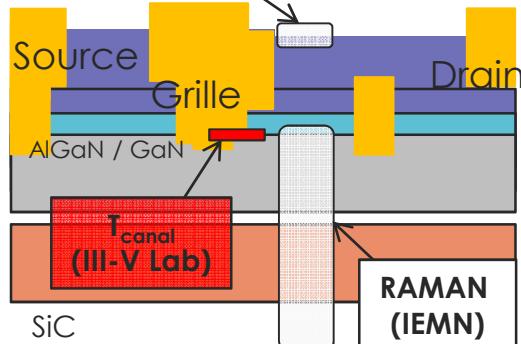


Schéma d'un HEMT GaN

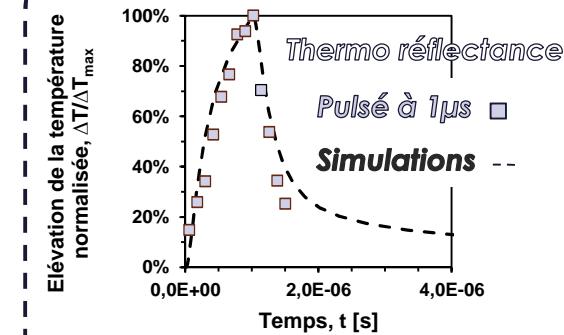
Mesure

Simulation

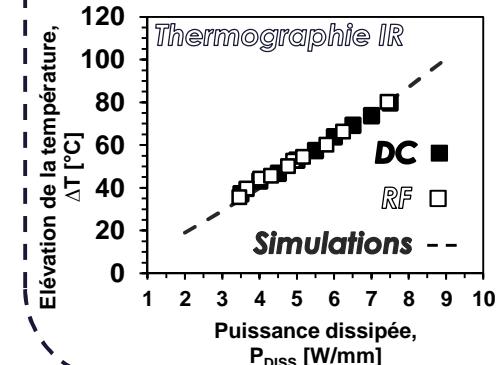


Expertise en mesure

→ En transitoire



→ En mode RF



→ Mesures en conditions d'utilisation (point de polarisation réel)

THALES

◆ Microwave GaN

- ◆ RF Power until 40 GHz for 10 à 20W
- ◆ PAE
- ◆ Low noise figure / low power consumption / robustness/recovery time
- ◆ Extension of the models
- ◆ Thermal management / packaging
- ◆ T_j /reliability
- ◆ Substrats SiC / Si

◆ GaN for Power Supplies

- ◆ Converters DC/DC low voltages
- ◆ PFC high voltages

Merci de votre attention

victor.dupuy@fr.thalesgroup.com
yves.mancuso@fr.thalesgroup.com

