



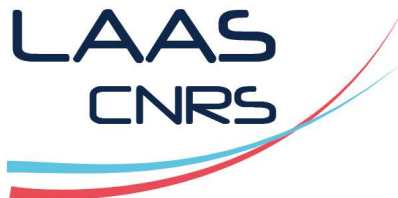
Platform of Reliability tOOLs for Failure analysis
dedicated to wide bandgap devices

1^{er} COS « PROOF »

Laurent BARY

Membres fondateurs : CNRS, Exagan, IRT Saint Exupéry, Spherea, TAS,
Vitesco T., et la Région Occitanie

Invités : Airbus, CEA-Tech, CNES et Laplace



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL



Plateforme ouverte pour étude et caractérisation des composants à grand gap

« PRRI » : soutien Région Occitanie /FEDER pour renforcement de plateformes existantes

Début : 01/07/2020 pour 3 ans

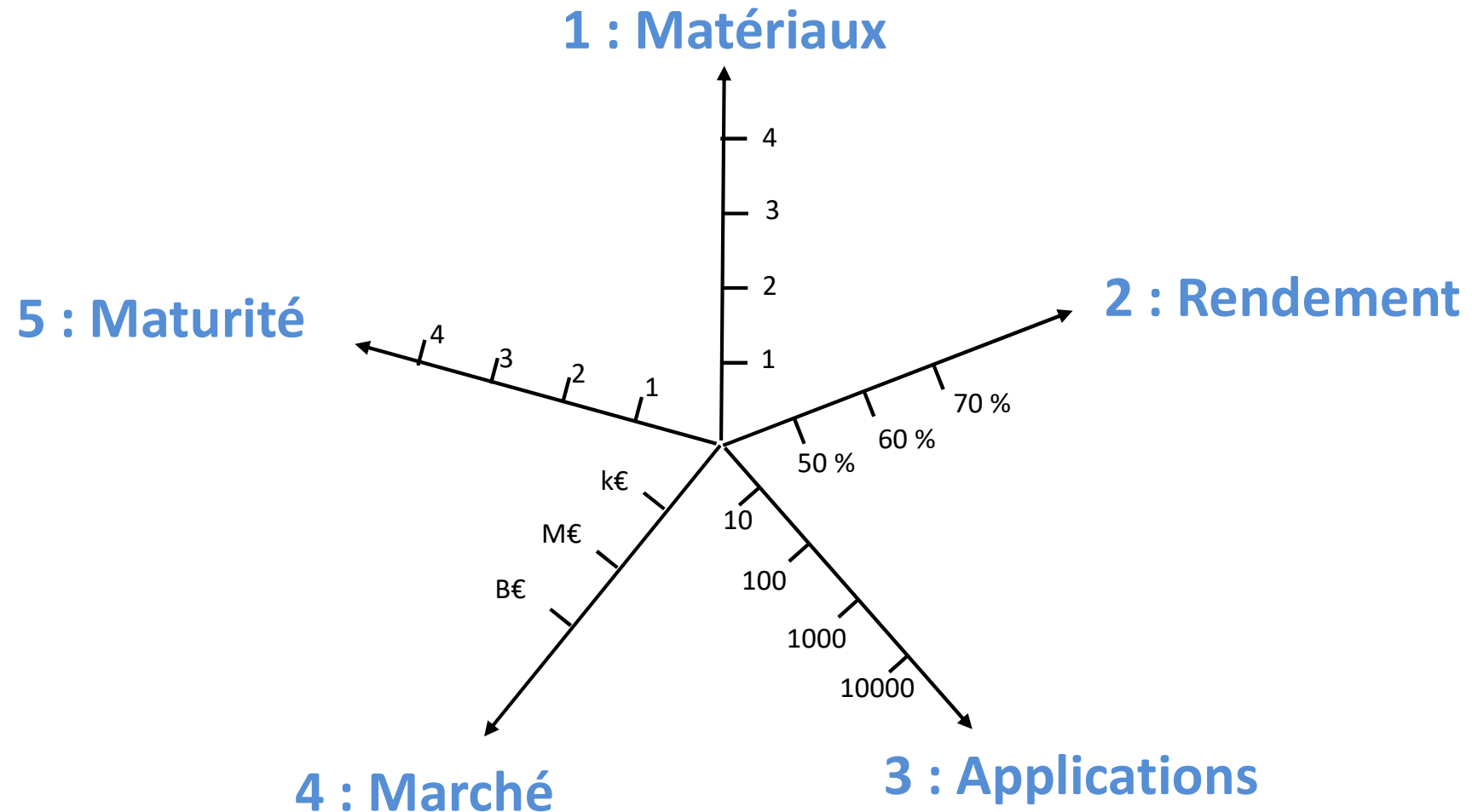
3 groupes de travail

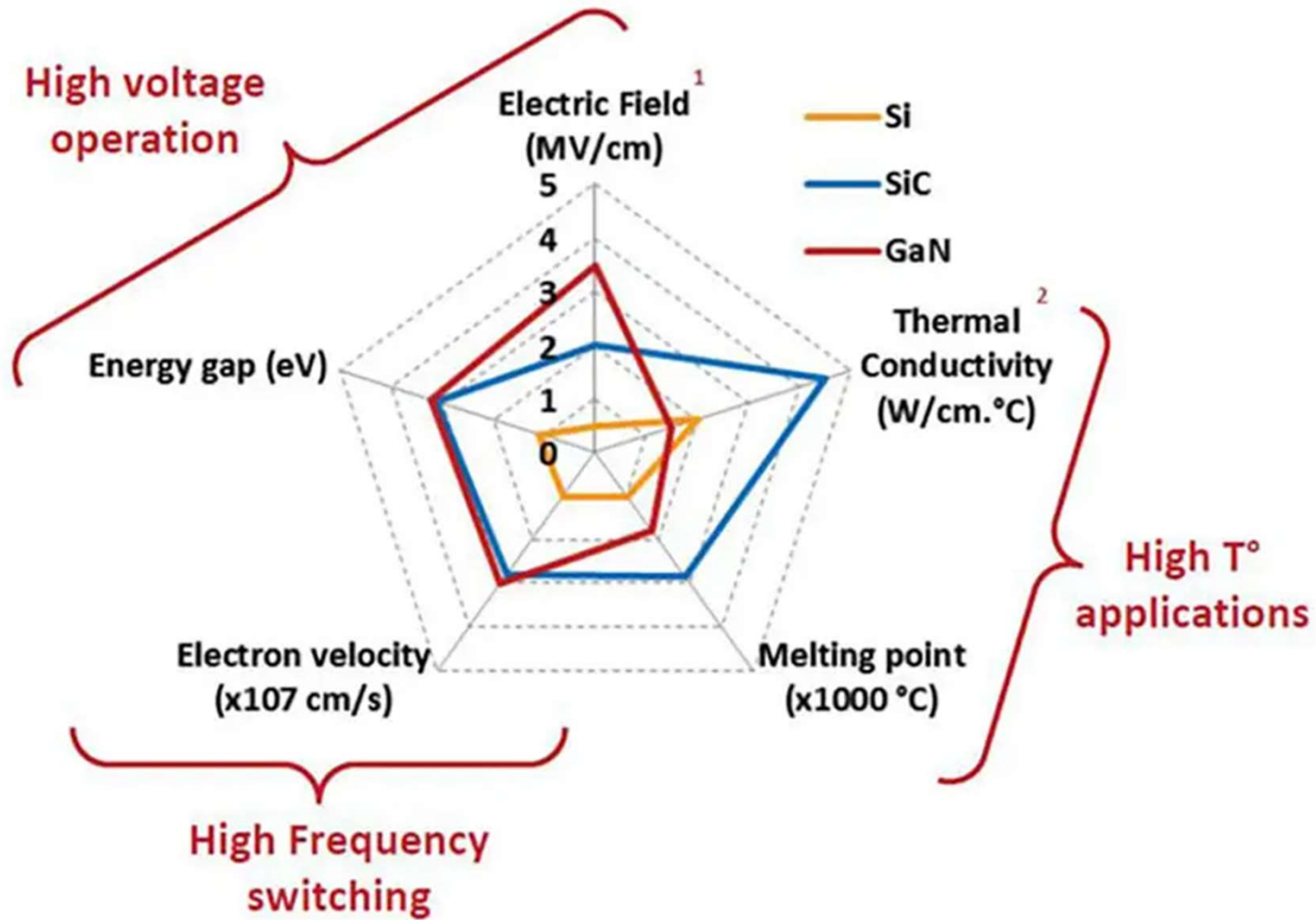
- GT1 : Filière Commutation des **Composants de Puissance**
- GT2 : Filière des Composants de Puissance **haute fréquence**
- GT3 : Mécanismes de défaillances – Outils

<https://www.laas.fr/projects/proof/>

- > **Assurer le partage ...et la diffusion** des développements aux acteurs socio-économiques de la région
- > **Anticiper les besoins des acteurs régionaux** pour favoriser l'ouverture ... à de nouveaux utilisateurs
- > **Orienter l'ensemble du parc... et savoir-faire ...** en fonction des besoins ... et selon les possibilités financières associées

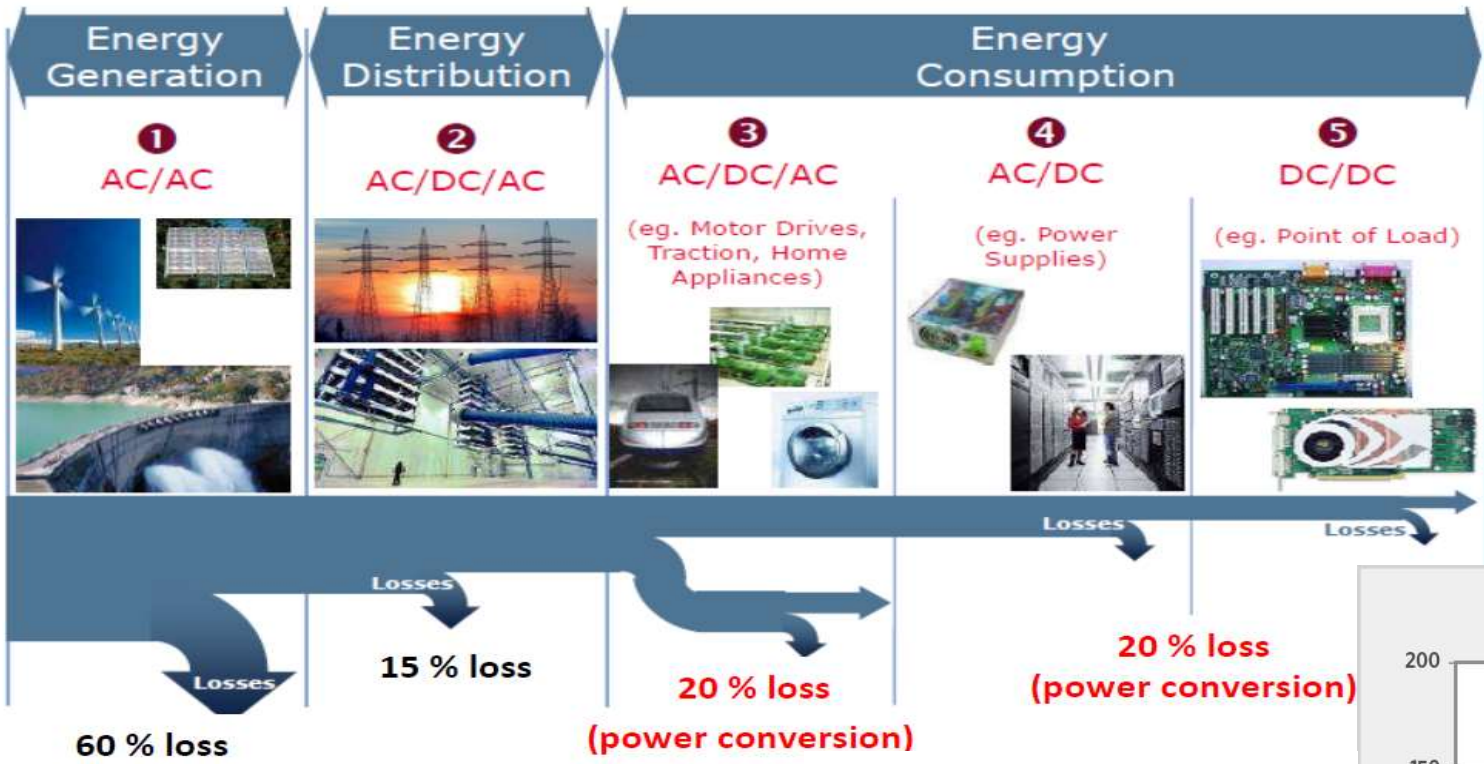
- > 10h15 Introduction et présentation de la plateforme « PROOF » (Laurent Bary, **LAAS-CNRS**)
- > 10h45 Verrous scientifiques dans l'étude des interrupteurs de puissance grand-gap - outils et méthodes d'analyses requis (David Trémouilles, **LAAS-CNRS**)
- > 11h15 Pour une meilleure compréhension physique de la fiabilité des transistors GaN de puissance et l'amélioration de la technologie (Gaëtan Toulon, **Exagan**)
- > 11h30 Présentations des bénéfices attendus par Vitesco Technologies par les composants grand-gap et points en questionnement de ces technologies (Laurence Allirand, **Vitesco Technologies**)
- > 11h45 Bénéfices et perspectives de l'utilisation de composants Grand Gap dans le domaine du test et des moyens d'essai (Nicolas Favarcq, **Spherea**)
- > 12h REPAS
- > 14h Méthode d'analyse électrique et en bruit BF pour un diagnostic précis des défauts dans les technologies III-N (Jean-Guy Tartarin, **LAAS-CNRS**)
- > 14h30 Focus de l'IRT Saint Exupéry sur les activités fiabilité et grand gap, présentation des projets en lien avec PROOF et perspectives pour une réflexion de structuration de l'écosystème électronique de puissance dans la région et en France (Fabio Coccetti, **IRT Saint Exupéry**)
- > 15h Présentation sur les intérêts de TAS pour les composants grand gap ; attentes vis-à-vis de PROOF (Jean-Louis Cazaux, **TAS**)
- > 15h15 Identification des défauts dans les matériaux semi-conducteurs et leurs localisations par techniques spectroscopiques (Richard Monflier, **LAAS-CNRS**)
- > 15h45 **Tour de table et discussion**
- > 17h00 Fin de la réunion



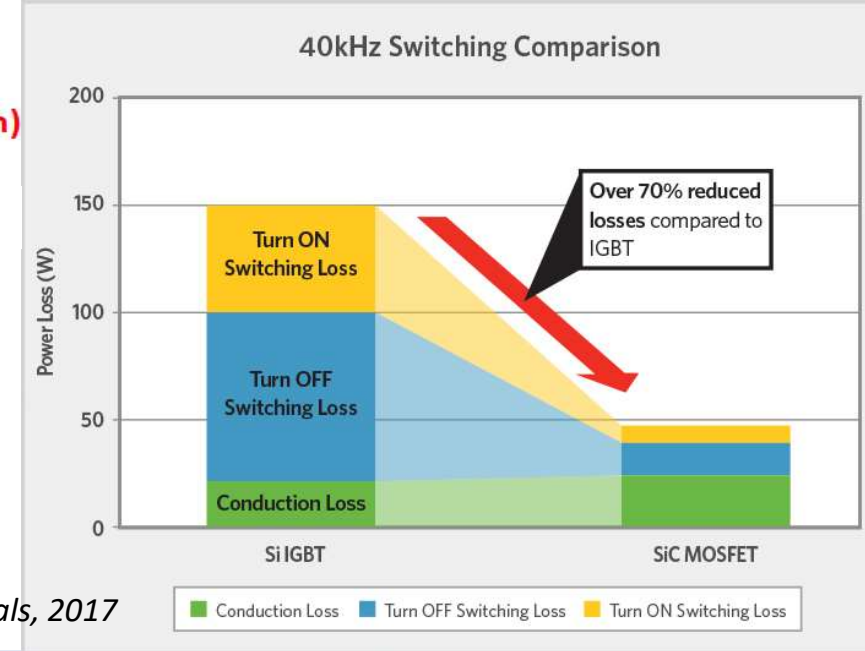


Source : TTI, Murray Slovick, 2019

Introduction : rendement [3/7]



Source : Infineon Technologies, 2009

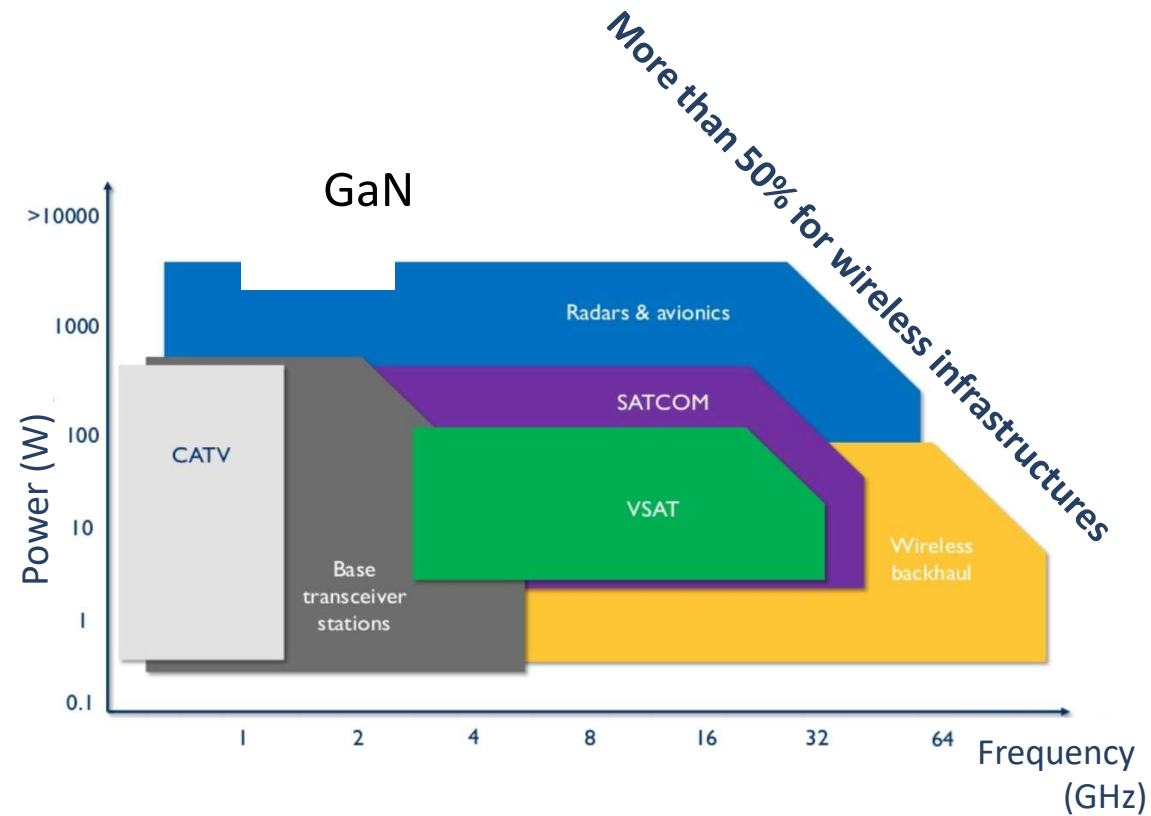
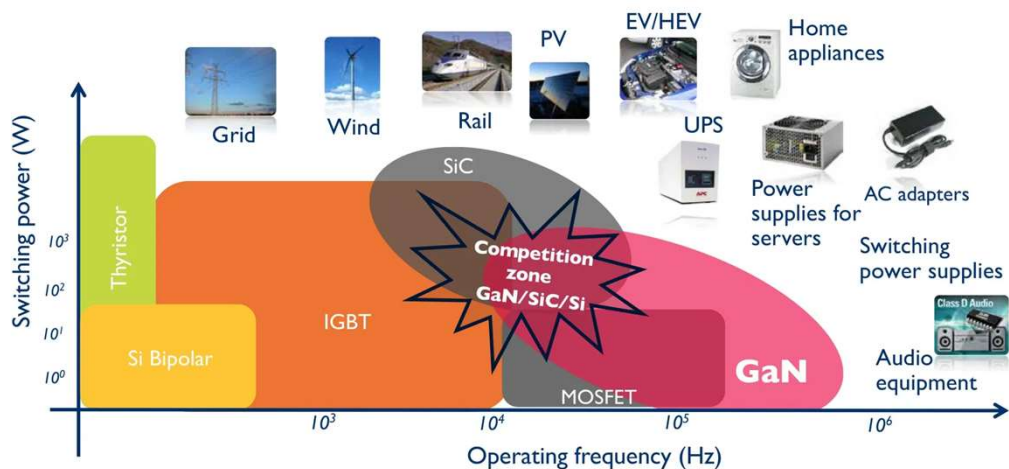


Source : Llew Vaughan-Edmunds, Applied Materials, 2017

Introduction : applications [4/7]

Power vs frequency on electronics: device technology positioning in 2020

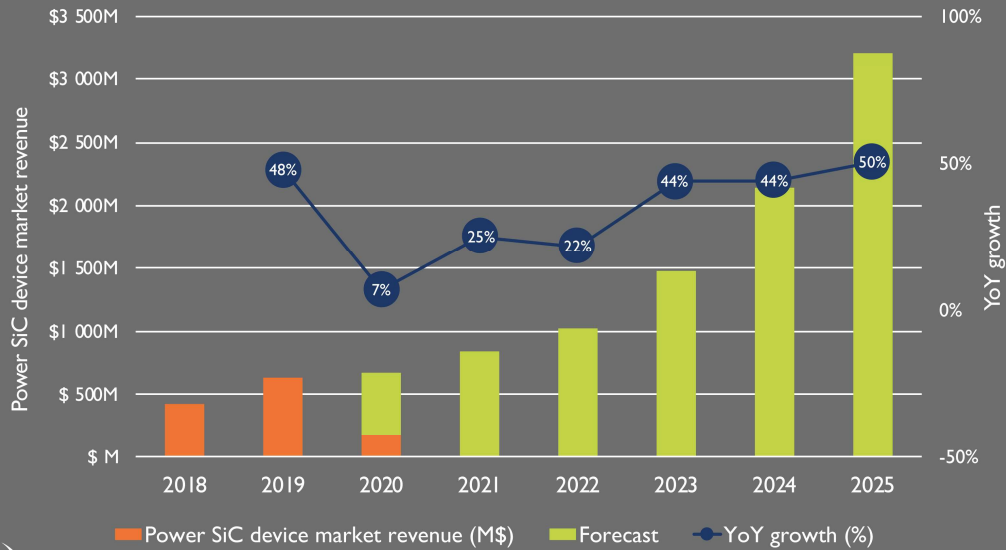
(Source: Power GaN: Epitaxy, Devices, Applications, and Technology Trends report, Yole Développement, 2019)



Source : Yole, 2020 & 2016

Power SiC device market revenue

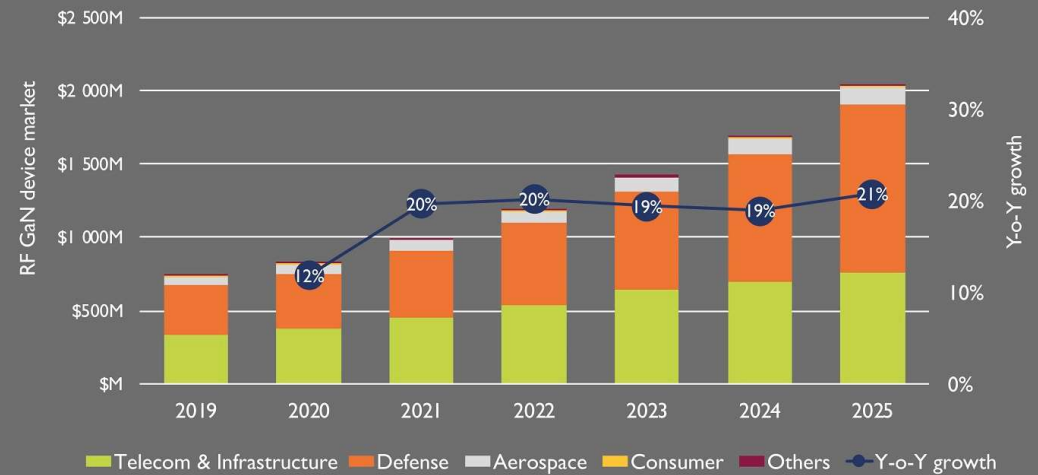
(Source: Compound Semiconductor Quarterly Market Monitor, Yole Développement, June 2020)



© 2020 | www.yole.fr - www.i-micronews.com

RF GaN device market forecast (in \$M)

(Source: Compound Semiconductor Quarterly Market Monitor, Module II RF GaAs & RF GaN Update, Q3 2020, Yole Développement)



© 2020 | www.yole.fr - www.i-micronews.com

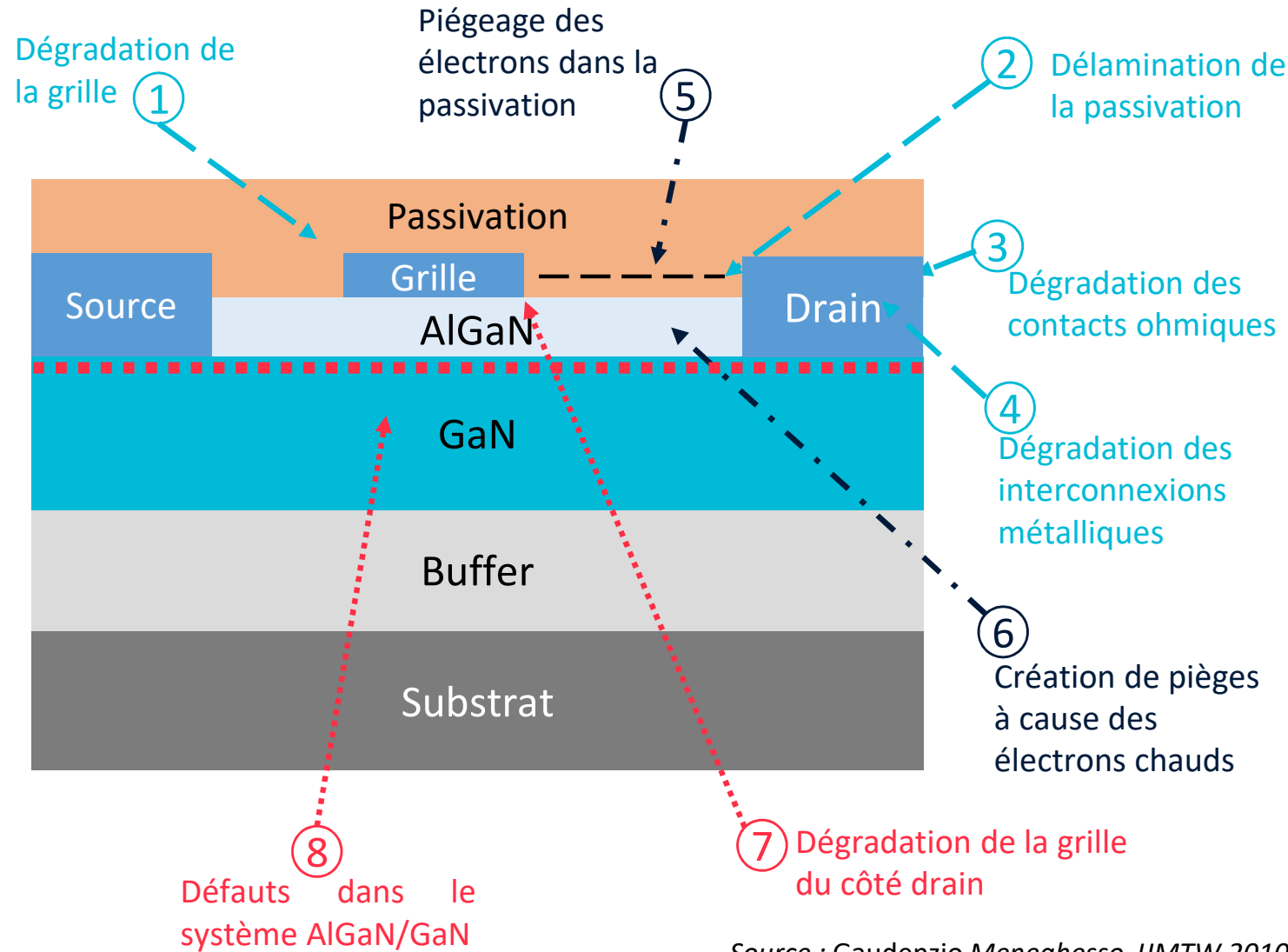
Source : Yole, 2020

> Mécanismes de défaillance (HEMT)

Mécanismes de dégradation activés thermiquement

Mécanismes liés à la présence des électrons chauds

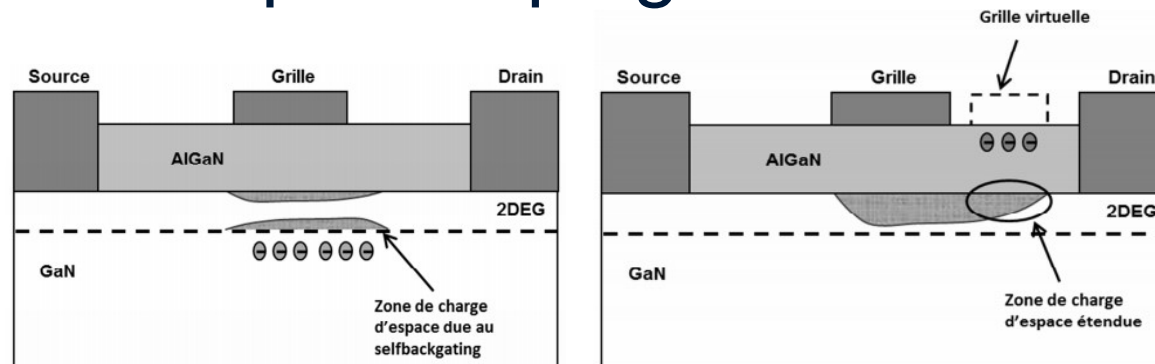
Mécanismes liés à la nature polaire et piézoélectrique



Source : Gaudenzio Meneghesso, IJMTW 2010

> Dégradation HEMT par les pièges

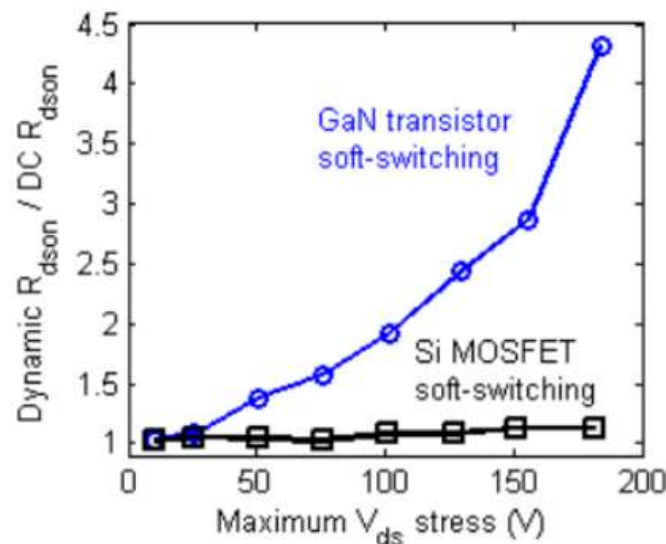
- Pièges du buffer et à la surface



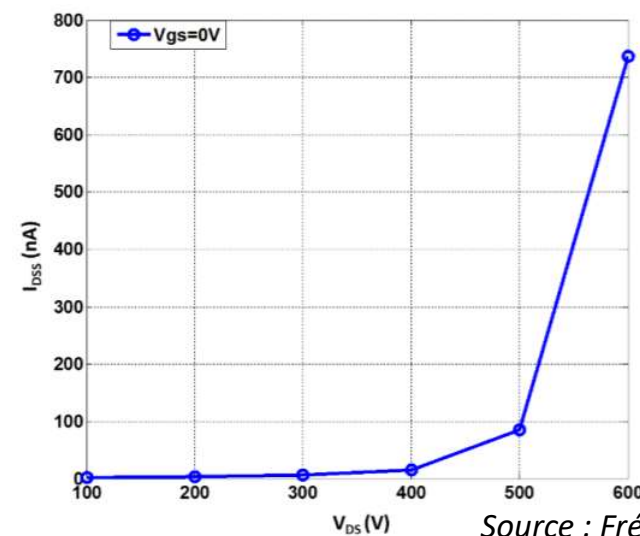
- Dégradation de la résistance à l'état passant (R_{DS-ON})



- Effondrement du courant (« current collapse »)



Composants de puissance



Composants RF

Source : Frédéric Morancho, LAAS-CNRS

Low frequency &
Power

Optics & Photonics



Au LAAS : une seule
plateforme regroupant
des moyens de
caractérisation (&
expertise associée)

Micro and Nano systems
for Biology and chemistry

A bit of « history »...

Diamond

GaN (RF)

GaN (LF)

SiC (LF)

Before

Characterization rooms all over the LAAS, manage by research teams

Platform created

Internal sharing, 3 zones:
"Low Frequency & Power"
"Microwave"
"Optics & Photonics"

Major extensions...

New building
photovoltaic measurements
New room
biological zone

MultiFab

Multi material 3D printing
Part of MultiFab integrated inside the PF

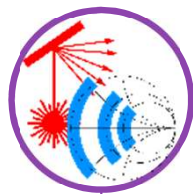
2000



The beginning...

Almost a 1st zone...
"Low Frequency & Power"

2002



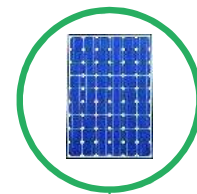
Fourth zone

"Biology and chemistry for
micro & nano systems"

2008



2012



Open platform

2013



2017



2020



PROOF

Wide bandgap devices
reliability platform

Quelques chiffres

8 -> 10

M€ of equipment

10 -> 13

Technical staff

1300

m²

13

Research teams

500->1000

k€ / year

105

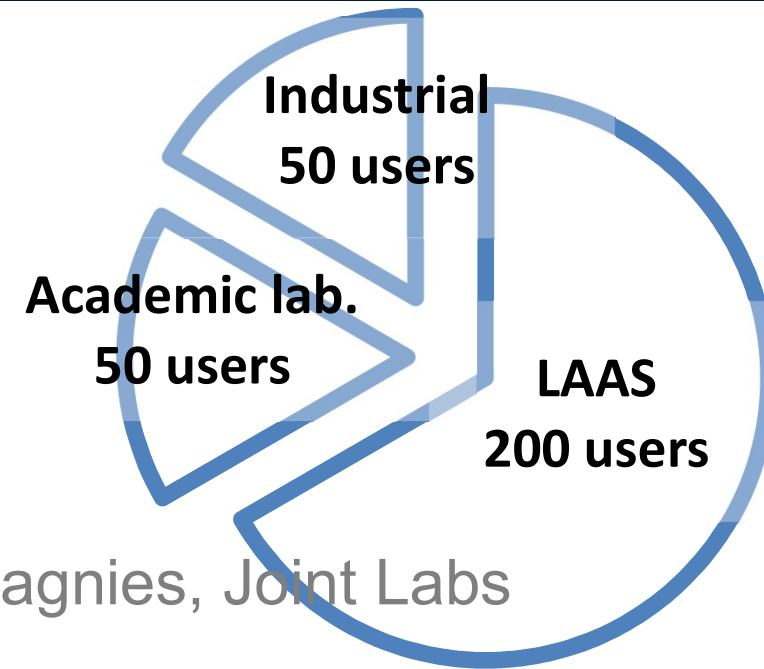
test benches

46000

hours of equipment reservation


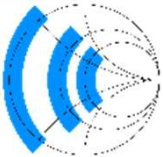


300

users

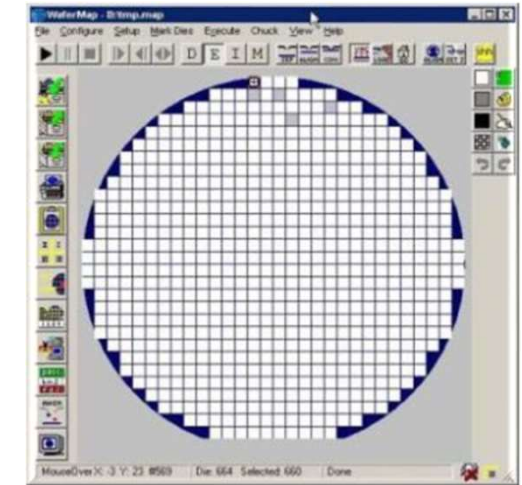
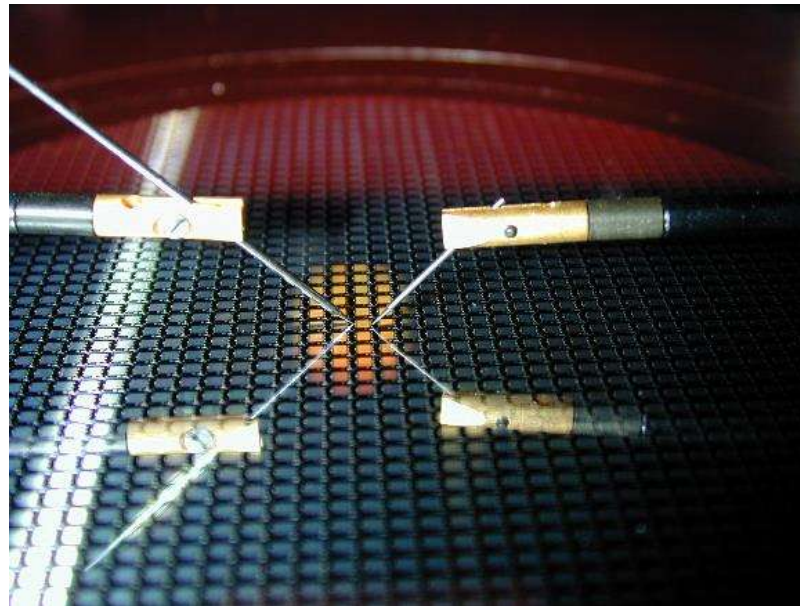
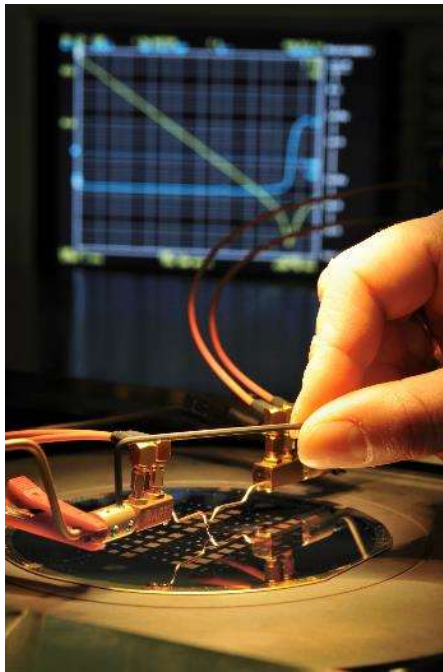


Industrial partners

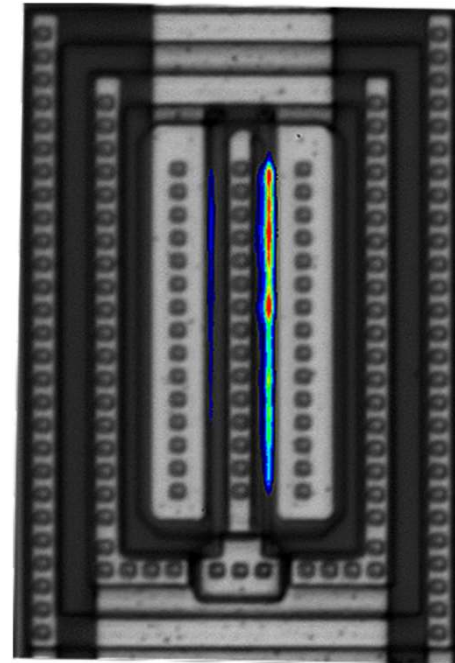
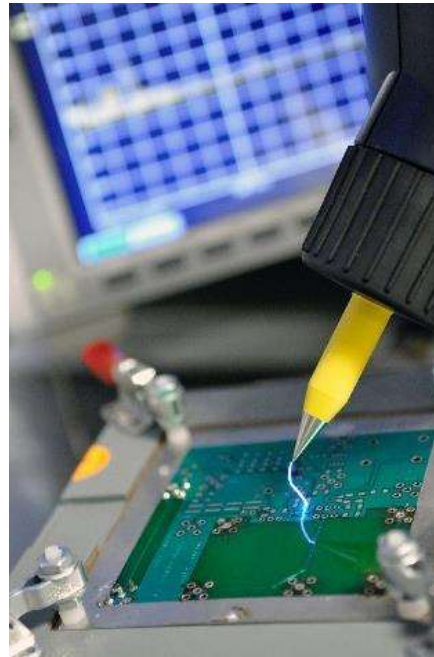
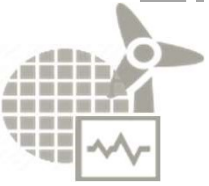
- Who ? Startups, local and international companies, Joint Labs
- What for ?
 - Research partnership
 - Hosted
 - One-time measurement
 - Setups & skill transfers

Zone				
Area	366 m ²	256 m ²	146 m ²	533 m ²
Measurement of	<ul style="list-style-type: none"> - I-V, C-V, impedance measurements - Parametric tests - Substrate characterization - IR thermography - Microscopy - ESD/EMC - Energy conversion and management - Electrochemical storage 	<ul style="list-style-type: none"> - On wafer S-parameters measurements from 9 kHz to 110GHz - On wafer spectral measurements from DC to 90 GHz - Noise measurements (LF, HF, and phase noise) - MEMS reliability - Antenna measurement (on wafer and diagram), anecoidal chamber - Cryogenic probe station 	<ul style="list-style-type: none"> - Material characterization (photoluminescence and electrophotoluminescence) - Characterization of passive and active photonic components - FTIR Spectroscopy - Spectrum analysis - Optical pumping of photonic crystal sources 	<ul style="list-style-type: none"> - Cell culture facilities (cellular and microbiological) - Molecular biology - Microscopy (AFM, fluorescence) - Handling means of polymers and nanoparticles - Electrochemical equipment - Mechanical characterization

Semi-automatic characterization I(V)

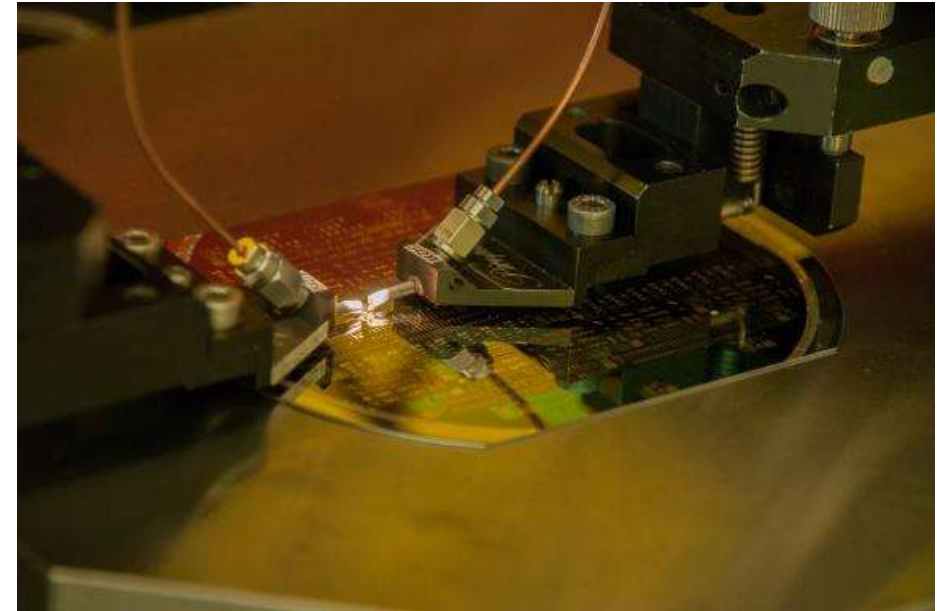
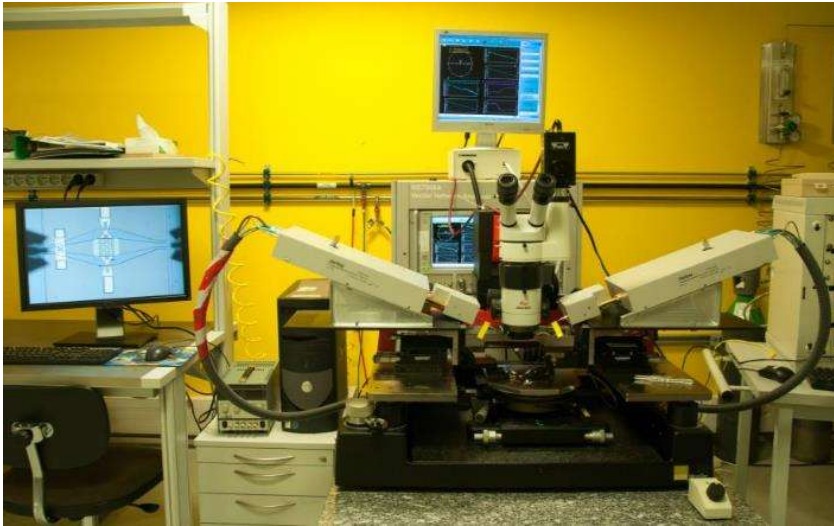


- > Mapping measurements on wafer (8" max., automatic)
- > $I_{\max} = 10 \text{ A}$ (pulsed) ->
- > $V_{\max} = 3 \text{ kV}$, probes : $\sim 500 \text{ V}$ ->
- > Max. Temperature = 225°C , probes 450°C ->



- > Stress TLP (Transmission-Line Pulsed, 100 ns, 7 A)
- > Very-Fast TLP (5 ns ; 20 A) ->
- > HBM (Human Body model, 8 kV) & Gun HBM

New VF-TLP bench
(from 1 to 500 ns ; 80 A)



- > S Parameters :
 - 2 ports, on wafer, 9 kHz – 110 GHz

-> broadband frequency up to 140 GHz
+ 140-220 GHz

- 4 ports (differential), 67 GHz max

- > Spectrum measurements up to 90 GHz



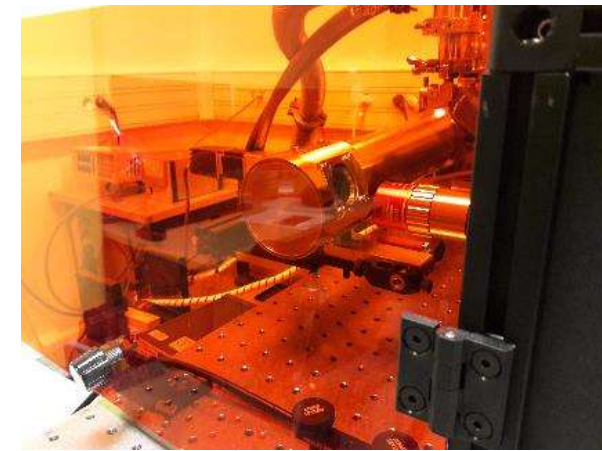
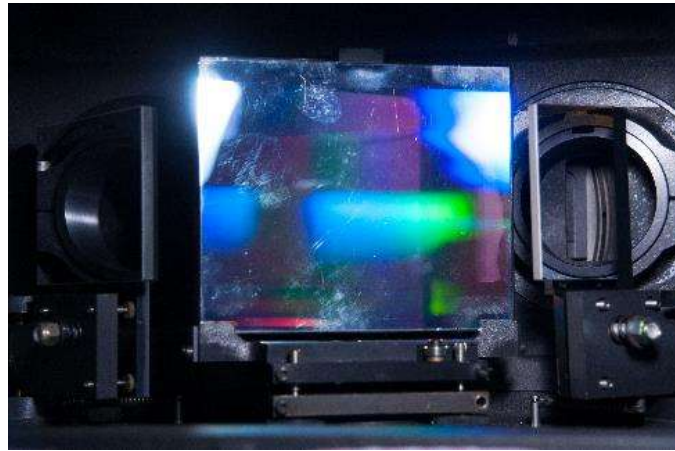
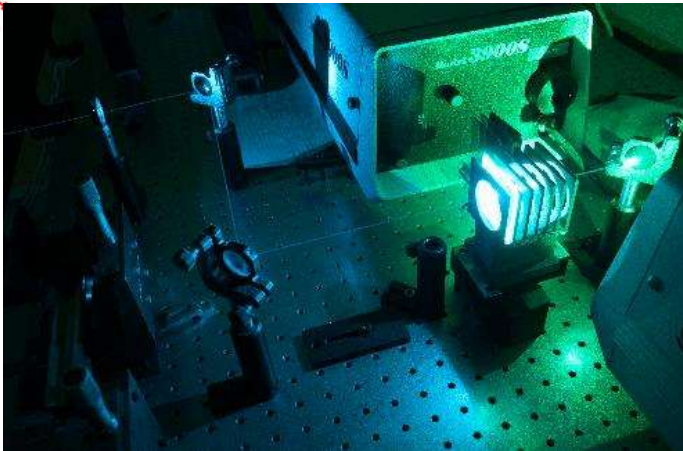
- > High frequency (4 noise parameters), up to 40 GHz on wafer
- > Phase Noise (on wafer & packaged)
- > Low frequency noise (on wafer & packaged)

European reference center for Keysight : LFNA 

- Analysis frequency range : 0,03 Hz to 40 MHz
- Automated Noise measurements vs different bias



Photoluminescence



> Materials emission properties
Visible - NIR

->

UV Visible NIR

> Excitation: 375/405/488 nm lasers

->

210 up to 1040 nm

> Spectral range: 400 – 1700 nm

->

210 up to 800 nm

> Temperature control 8 K

->

4 K

