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

GT2 : Filière des composants de puissance haute fréquence

Pilote du projet : Laurent BARY

Responsable scientifique : Jean-Guy TARTARIN

Responsables techniques : **Damien SAUGNON**

Alexandre RUMEAU

PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

Sommaire

- Les moyens expérimentaux de la plateforme
- Acquisition de nouveaux équipements
- Développements en cours
- Point contractuel des activités

Les moyens expérimentaux de la PF

Plateforme de caractérisation - Zone Hyperfréquence

Vue d'ensemble

- **ARV** (jusqu'à **145GHz**)
  - Mesures de dispositifs passifs/actifs
  - Mesures différentielles
  - Mesures de mélangeur
- **Analyseurs de spectre** (jusqu'à **110GHz**)
- **Synthétiseurs de fréquence** (jusqu'à **110GHz**)
- **Wattmètres** (jusqu'à **110GHz**)
- **Analyseur de bruit de phase**
- **Stations sous pointes** (dont 1 **cryogénique**)
- **Chambre anéchoïque** (jusqu'à **40GHz**)
- **Cages de Faraday**
- Bancs de **bruit BF** (LAAS et Keysight)
- Bancs de **bruit HF** (**4-26GHz** et **26-40GHz**)
- Banc de **stress HF** sur **VT**

PROOF

Banc de mesures **I(V)** et **paramètres [S]** en régime **impulsionnel** (jusqu'à **40GHz**)

Développements

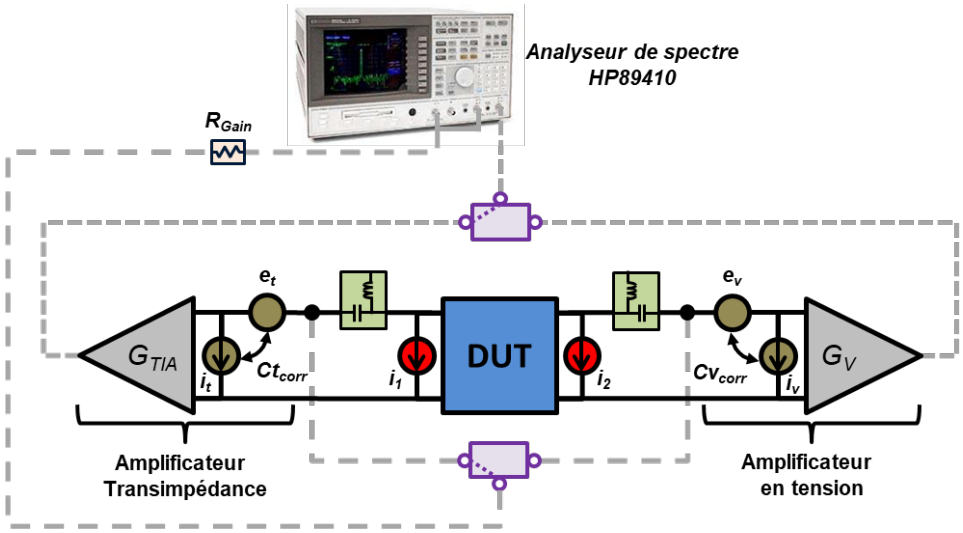
- Banc paramètres [S] **140-220GHz**
- Evolution du banc de **bruit HF** (Tuner + PNA-X)
- Evolution banc de **stress HF** sur **VT** (NF + I(V))
- Banc de **stress HF** sur **puce** (mode CW/Pulse)
- Banc **DCTS**

BF : Basse Fréquence VT : Véhicule de Test ARV : Analyseur de Réseau Vectoriel
HF : Haute Fréquence

Plateforme de caractérisation - Zone Hyperfréquence

Le bruit basse fréquence

Banc de bruit BF LAAS



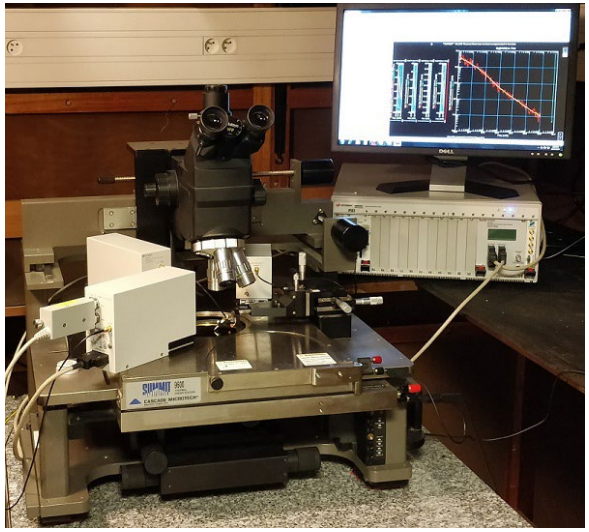
- **Expertise sur le bruit BF** depuis la fin des **années 60'**
- Banc installé dans une **cage de Faraday**
- Logiciel développé au LAAS
- Mesures de DUT **sous pointes** ou sur **boitier de test RF**
- Caractérisations de S_{IG} et S_{ID} sur une bande allant de **1Hz à 100kHz**
- Le bruit BF est révélateur de :
  - La **qualité du procéder** de fabrication
  - **Maturité** des dispositifs
  - La présence de **défaut cristallins**
  - L'**intégrité du dispositif** lors des tests de fiabilité

Les moyens expérimentaux de la PF

Plateforme de caractérisation - Zone Hyperfréquence

Le bruit basse fréquence

Analyseur de bruit BF
Keysight E4727A



- Caractérisations de S_{IG} et S_{ID} sur une bande allant de **30mHz à 40MHz**
- Mesures de DUT **sous pointes, boitier de test RF** ou **boitier électronique standard**
- Suite logiciel WaferPro (Keysight)
- Compatible avec :
  - Les **stations semi-auto** FormFactor et MPI
  - Les **testeurs paramétriques** (4142B, 4156C, B1500A, …)

Cartographie automatique d'une plaque (wafer)

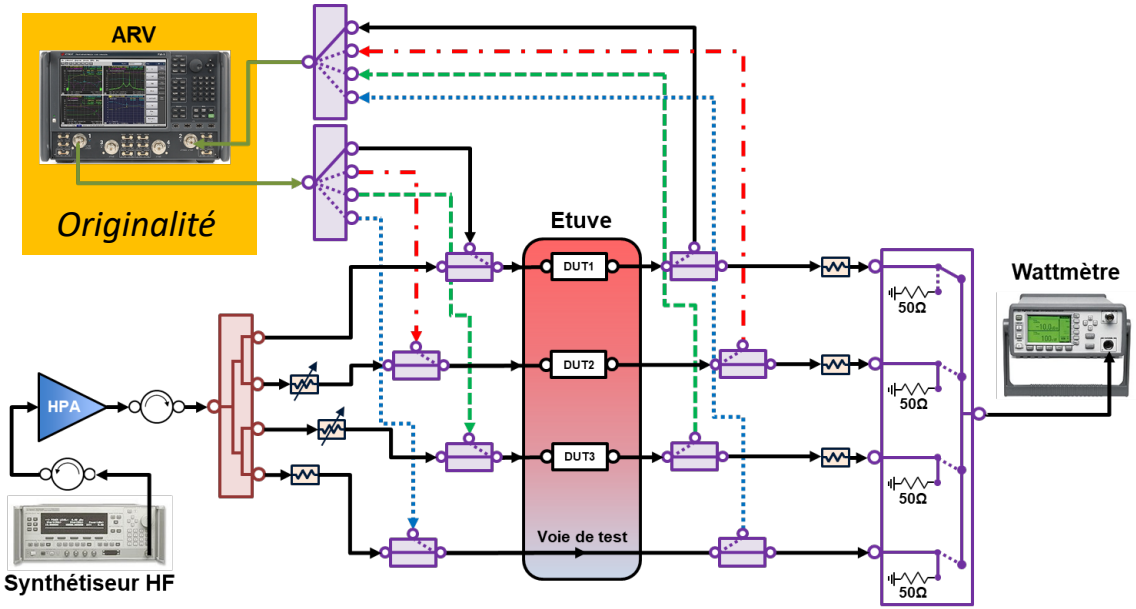
Depuis 2017, le **LAAS** est reconnu par **Keysight** comme une **plateforme pour les caractérisations en bruit BF et RTN**

BF : Basse Fréquence
RTN : Random Telegraph Noise

Plateforme de caractérisation - Zone Hyperfréquence

La fiabilité haute fréquence

Banc automatisé de vieillissement haute fréquence



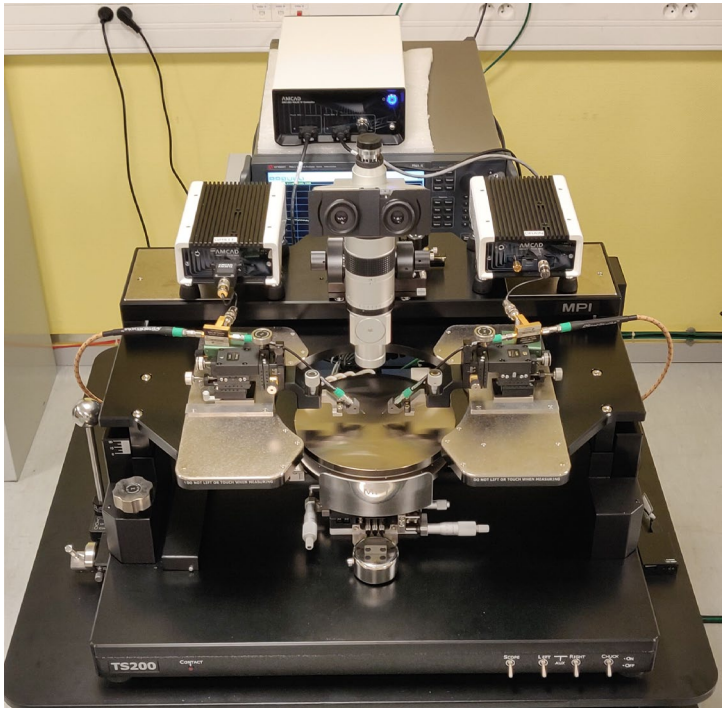
- Bande de fréquences : 1 à **40GHz** (CW)
- Nombre de DUTs : **3**
- Conditionnement du DUT : **boitier test HF**
- P_{INJ_MAX} aux DUTs : **+30dBm**
- Cyclage thermique : **-40°C à +100°C**
- Acquisition des données :
  - Courant de drain,
  - Puissance injectée,
  - Puissance de sortie,
  - **Paramètres [S]**
  - $T°_{étuve}$ et $T°_{salle}$

Sommaire

- Les moyens expérimentaux de la plateforme
- Acquisition de nouveaux équipements
- Développements en cours
- Point contractuel des activités

Projet PROOF

Banc I(V) et paramètres [S] en régime impulsionnel (installé en juin 2022)

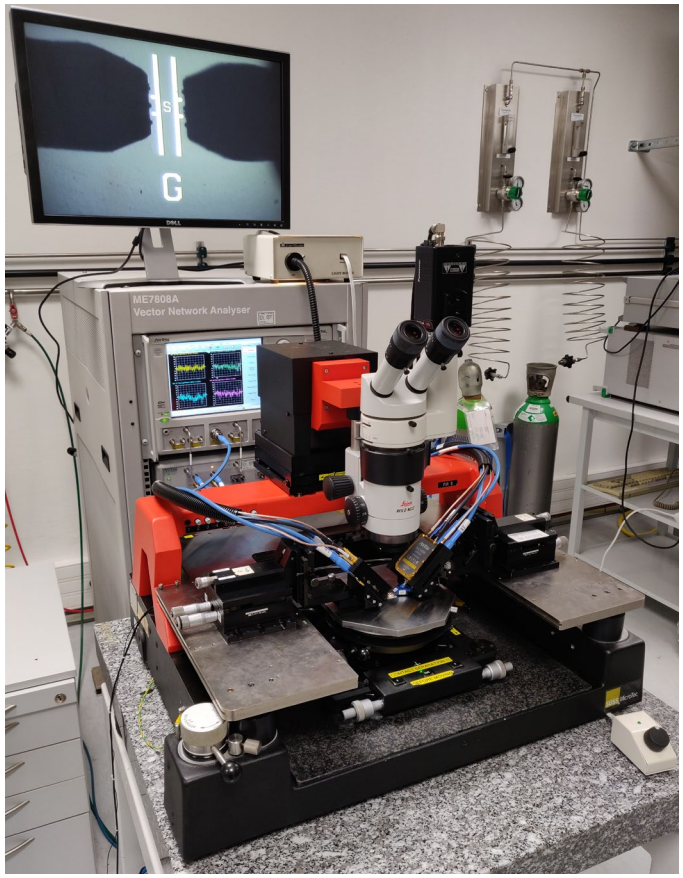


Caractéristiques du banc :

- **PNA-X 43.5GHz -** Keysight N5244B
  - Module pulsé : port 1 **ET** 2
- **PIV-AM3200A** - AMCAD
  - SMU pulsé Drain : +250V / +30A
  - SMU pulsé Grille : ±25V / ±1A
  - Impulsion des SMU :
    - Largeur : 200ns à DC
    - Résolution : 20ns
- **Suite logiciel IVCAD** - AMCAD
  - Acquisition/Visualisation
    - **I(V) et paramètres [S]**
    - **Temporelle des pulses**
    - **DCTS**
  - **Modélisation linéaire de transistors**
  - Séquençage de tests

Acquisition de nouveaux équipements

Banc de paramètres [S] 145GHz (installé en mars 2022)



Caractéristiques du banc :

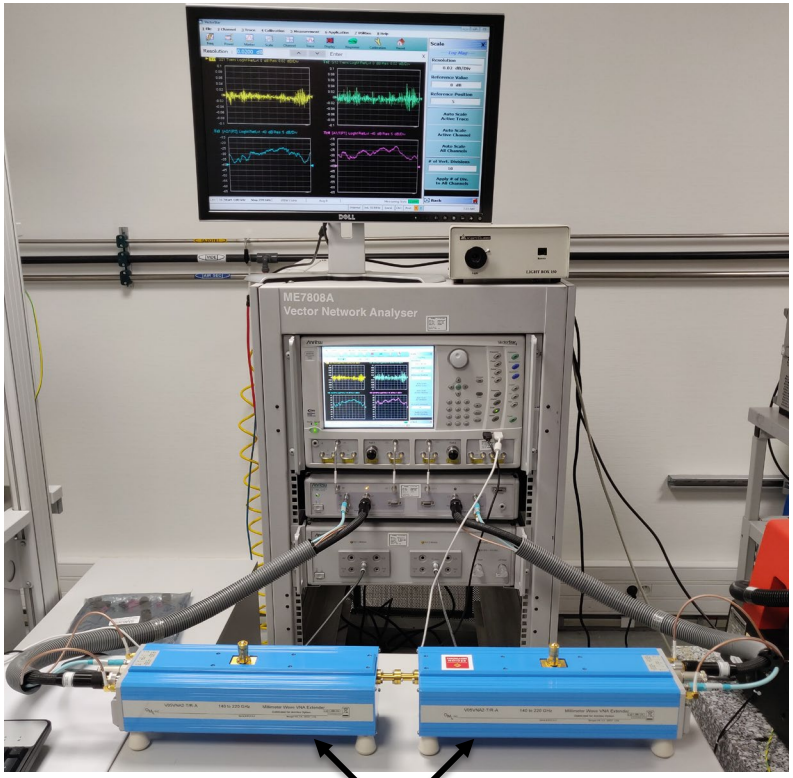
- **ARV -** Anritsu VectorStar ME7838D
  - 2 ports
  - 70kHz à 145GHz
  - P_{OUT_MAX} @ 140GHz : -10dBm
  - Tés de polarisation internes : 40V – 0,5A
  - Caractériser des dispositifs passifs **ET** actifs
  - Très faible encombrement et intégration optimales sur une station sous pointes
  - Compatible avec nos modules OML 140 – 220GHz (WR05)

Sommaire

- Les moyens expérimentaux de la plateforme
- Acquisition de nouveaux équipements
- Développements en cours
- Point contractuel des activités

Développements en cours

Banc de paramètres [S]
140 – 220GHz

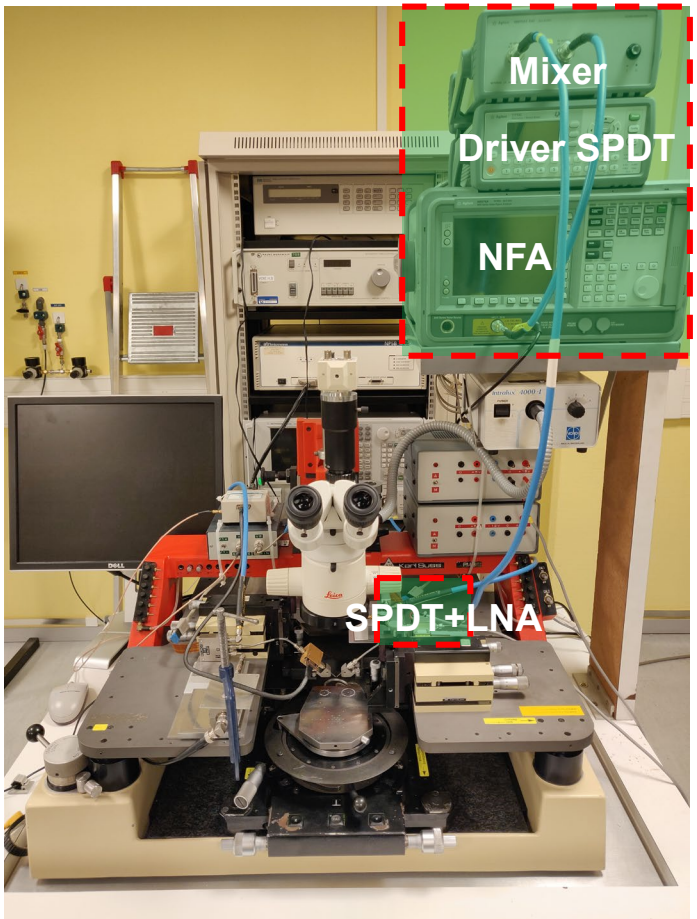


Module OML
V05VNA2-T/R-A

- Modules OML **compatibles** avec les équipements du banc 140GHz
- Installation du système sur la station sous pointe
  - Pointes Infinity 220GHz (WR5) – accès Bias Tee
  - Substrat de calibrage ISS 138-357
  - Plateaux adaptables micropositionneurs
  - **Coude S guide d'onde sur mesure** (à commander)

Développements en cours

Banc de bruit HF 26-40 GHz



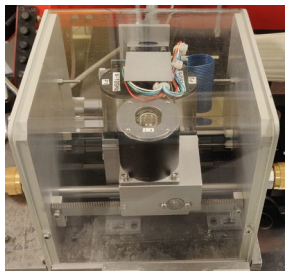
Equipements intégrés dans le

PNA-X N5244B

Options :
029 – Récepteur de bruit
S93029B – Mesures de NF avec correction vectorielle

Remplacement

Tuner mécanique Maury MT983A
2 – 26 GHz



+

Tuner à diodes ATN Microwave
26 – 40GHz

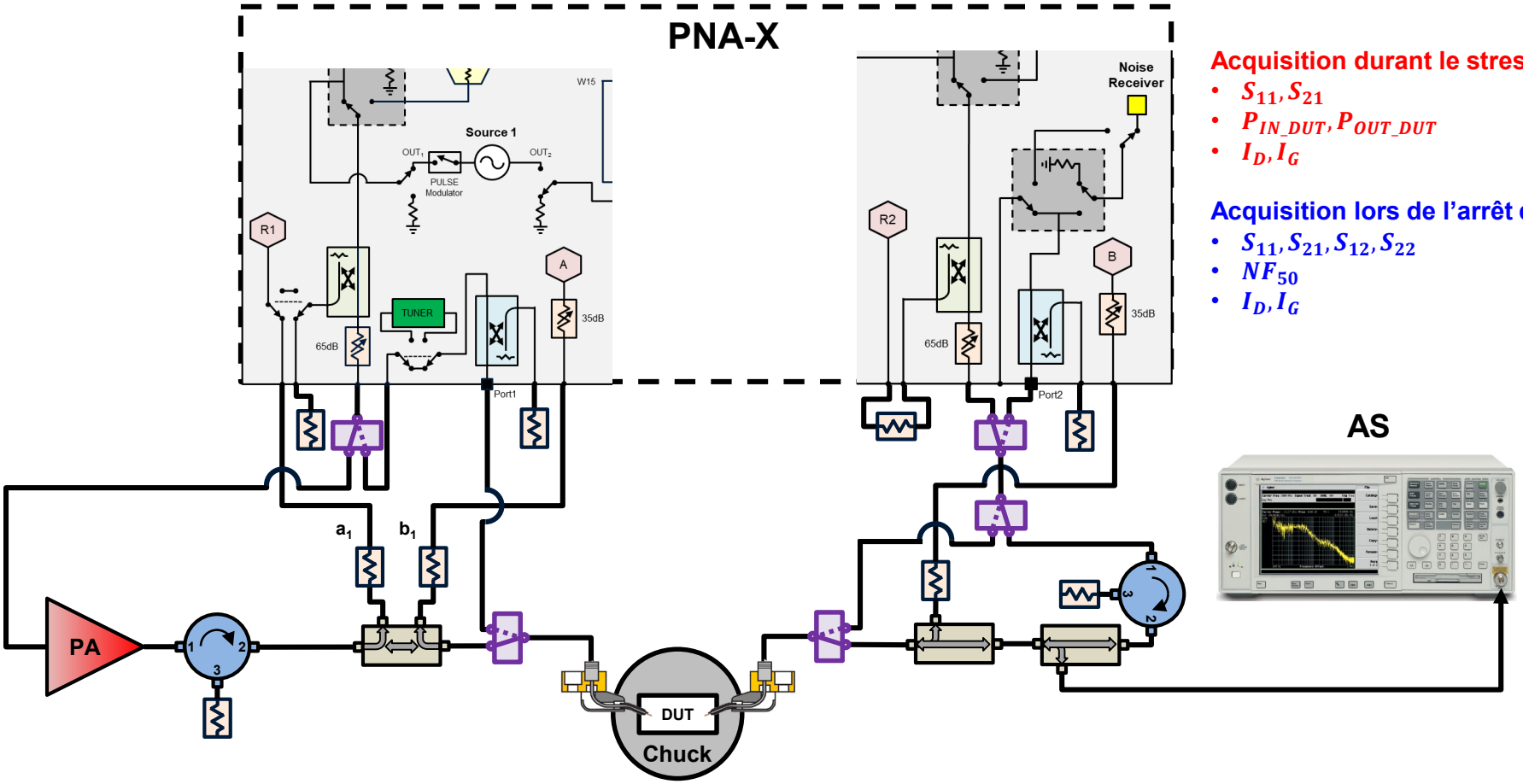
Prévi. sept. 2023
Tuner mécanique Maury (ou Focus)
8 – 50GHz

SPDT : Single-Pole, Double Throw
Driver SPDT : pilote commutateurs SPDT
NFA : Noise Figure Analyzer
LNA : Low Noise Amplifier

Développements en cours

Synoptique général banc de vieillissement/robustesse à haute fréquence sur PUCE

Version LNA - suivie du facteur de bruit



Acquisition durant le stress HF :

- S_{11}, S_{21}
- P_{IN_DUT}, P_{OUT_DUT}
- I_D, I_G

Acquisition lors de l'arrêt du stress HF :

- $S_{11}, S_{21}, S_{12}, S_{22}$
- NF_{50}
- I_D, I_G

DUT : Device Under Test PA : Power Amplifier SA : Spectrum Analyzer

Sommaire

- Les moyens expérimentaux de la plateforme
- Acquisition de nouveaux équipements
- Développements en cours
- Point contractuel des activités

Point contractuel des activités

Thales Alenia Space - 3 études

Terminée

→ Analyse des instabilités d'amplificateurs de puissance (**présentation Jean-Guy Tartarin**)

→ Mesures de bruit HF de filières technologiques HEMT GaN

En cours

→ Etude de robustesse d'amplificateurs faible bruit GaN

IRT Saint Exupéry – Projet SiCret

Terminée

→ Caractérisation en bruit BF de composants de puissance avant/après vieillissement

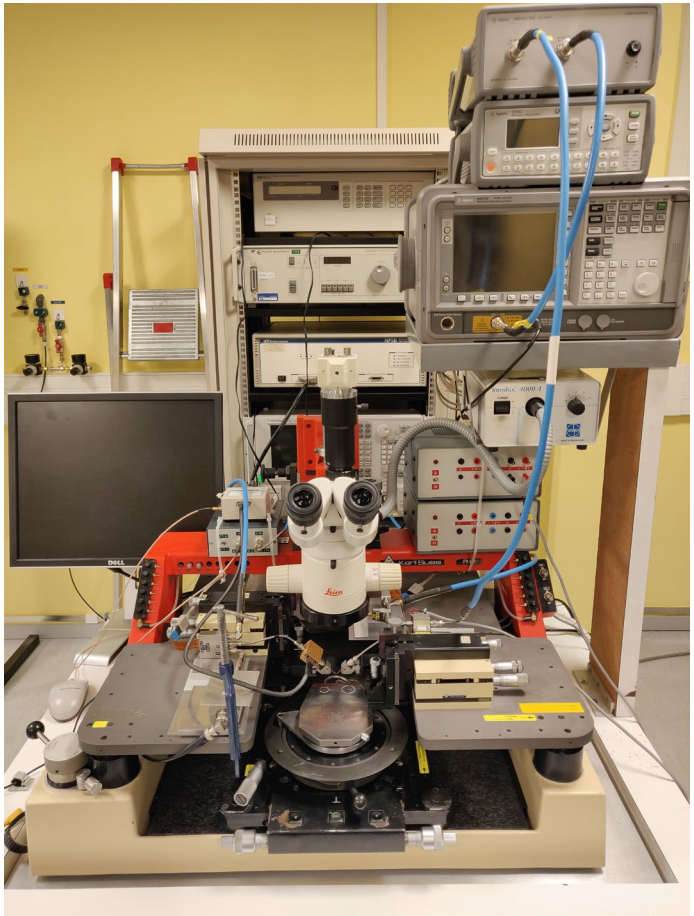
STMicroelectronics

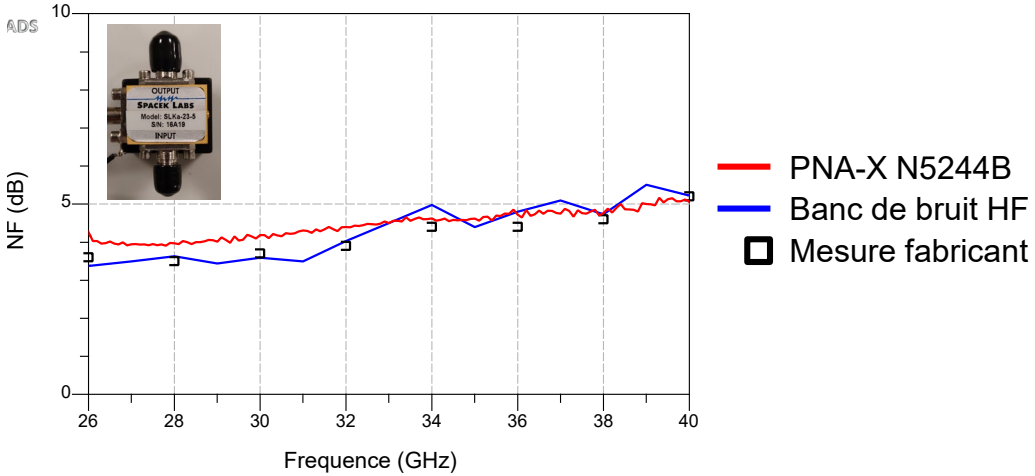
En cours

→ Etude de vieillissement à l'état OFF en régime pulsé de composants de puissance (**présentation Gaëtan Toulon**)

Développements en cours

Banc de bruit HF 26-40 GHz



PNA-X N5244B

LNA SLKa-23-5 : comparatif mesures NF_{50}