

# Développement d'un banc de mesure de NPR en bande Ka

Francis GIZARD\*, Alain MALLET\*, Luc LAPIERRE\*, Jacques SOMBRIN\*  
Denis BARATAUD\*\*, Tibault REVEYRAND\*\*, Jean-Michel NEBUS\*\*

CNES – 18, av E. Belin, 31401 TOULOUSE Cedex 04  
IRCOM – UMR n°6615 – 123, av A. Thomas, 87060 LIMOGES Cedex

Email : [Francis.Gizard@cnes.fr](mailto:Francis.Gizard@cnes.fr) – [Alain.Mallet@cnes.fr](mailto:Alain.Mallet@cnes.fr)

## Résumé :

La caractérisation des amplificateurs de puissance en terme de NPR est nécessaire pour la conception des futures charges utiles de télécommunications en bande Ka. Il est donc apparu indispensable de développer un banc de caractérisation utilisable jusqu'en bande Ka. Basé sur le principe de génération numérique du signal, ce banc permet également d'envisager l'étude de fonctions ou sous-systèmes soumis à divers signaux (se rapprochant de la forme d'onde utilisée dans la mission). Il devrait être notamment utilisé pour l'extraction et la validation de modèles avec mémoire de fonctions linéaires et non-linéaires

## I. INTRODUCTION

Partant de l'expérience du développement à l'IRCOM d'un banc de mesure de NPR en bande L et S [1] (action de R&T CNES), le département Hyperfréquences du CNES a entrepris l'extension de cette mesure aux bandes X, Ku et Ka. Le banc se caractérise par les différentes fréquences accessibles ainsi que par la largeur de bande accrue. Son application est orientée vers les fonctions (adaptées sur 50 ohms) contrairement au banc développé à l'IRCOM spécialisé dans la caractérisation de composants (y compris fortement désadaptés).

## 2. APPLICATIONS

Trois grands objectifs de ce banc de caractérisation peuvent être distingués :

### - La caractérisation d'amplificateurs et de sous-systèmes en présence de signaux télécom.

Outre son intérêt pour la caractérisation large bande en terme de NPR (critère largement reconnu pour les applications télécom), cet outil de mesure permet de caractériser des sous-systèmes en présence de signaux monoporteuse et multiporteuse modulés ou non (conformément à l'utilisation du dispositif sous test).

### - La contribution à l'élaboration et la validation de modèles.

Par un choix judicieux des formes d'onde, cet outil devrait permettre de réaliser les mesures pour l'élaboration et la validation de modèles système de

fonctions non-linéaires à mémoire. En effet, plus que par leur structure, les modèles semblent être limités par la méthode d'extraction des caractérisations utilisées pour leur élaboration.

### - Détermination expérimentale de points de fonctionnement.

La recherche des conditions de fonctionnement optimum en terme de point de polarisation ou de point de fonctionnement (recul par rapport à la saturation), pourra s'effectuer pour optimiser une performance donnée (rendement, linéarité, ...).

## 3. PRINCIPE DE MESURE

Le principe de mesure est basé sur la génération numérique d'un signal. Pour la mesure du NPR, ce signal est un bruit blanc à bande limitée généré grâce à un grand nombre de raies (typiquement 10 000) équiamplitudes, équidistantes et à phases aléatoires (cf figure 1). Ce spectre possède un trou ou 'notch' au centre de la bande (5% à 10%).

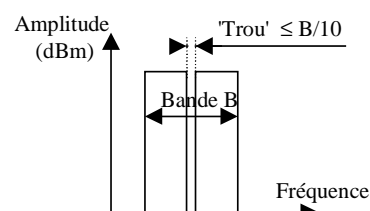


Figure 1 : Spectre généré pour la détermination du NPR

Le NPR est déterminé par la remontée du bruit d'intermodulation créé par la non-linéarité dans le trou.

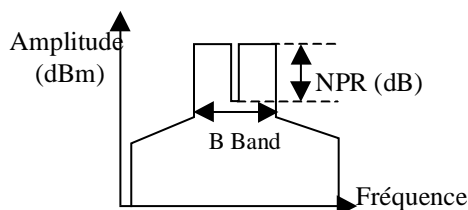


Figure 2 : Détermination du NPR

L'approche numérique a été retenue car elle permet de bien maîtriser les caractéristiques du signal généré (en particulier du trou) et donne beaucoup de souplesse. Notamment, le banc possède la capacité de générer une variété très importante de signaux à partir de l'AWG (Arbitrary Waveform Generator). On peut envisager avec celui-ci (AWG 520 – Tektronic – 1Gech/s – 10 bits) de caractériser des sous-systèmes soumis à des excitations variées (signaux modulés monoporteuse et multiporteuse).

#### 4. STRUCTURE DU BANC

La structure du banc a été étudiée afin de pouvoir réaliser des mesures dans différentes bandes allouées aux applications spatiales nous concernant principalement : télémesure-télécommande (bande X), télécommunications (bande Ku : 12-14 GHz et bande Ka : 20-30 GHz).

Ceci nécessite une double transposition de fréquence. Nous allons distinguer pour la présentation du banc la partie 'générique' et la partie 'spécifique' (en fonction de la fréquence concernée). La fréquence intermédiaire d'interface a été fixée à 4GHz. Elle résulte d'un compromis entre les performances des modulateurs et démodulateurs (en terme de réjection notamment) et de la facilité à filtrer les fréquences parasites issues du second mélange en RF.

*La partie générique (figure 4) est constituée :*

- du générateur de fonction arbitraire (AWG).
- d'un modulateur IQ (MITEQ).
- d'une boucle de réjection d'OL (diviseur de puissance, atténuateur, déphaseur, combineur de puissance). Malgré les bonnes performances du modulateur, cette boucle est nécessaire du fait du grand nombre de porteuses présentes et donc de l'importance relative de la fuite d'OL par rapport au niveau d'une porteuse de signal.
- d'une source à 3,75 GHz.
- d'un amplificateur utilisé en zone linéaire
- d'un filtre passe-bande afin de rejeter les fréquences parasites issues de la modulation.
- d'un démodulateur IQ (MITEQ)
- de l'oscilloscope à échantillonnage (Tektronix, TDS 784D.)

La figure 3 présente un exemple de spectre de signal généré en fréquence intermédiaire pour la

détermination du NPR. La réjection obtenue dans le trou est supérieure à 35dB.

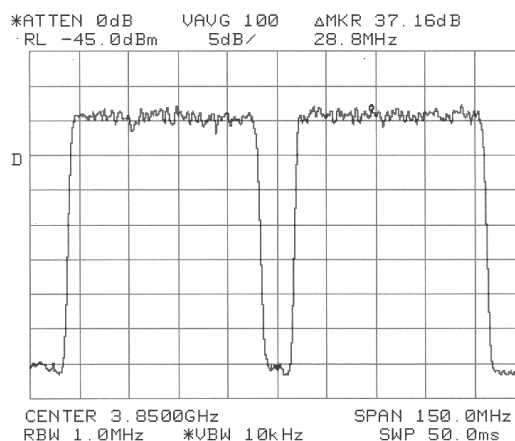


Figure 3 : Exemple de spectre généré en FI

*La partie spécifique pour chaque gamme de fréquence (exemple figure 5 à 20GHz) est constituée :*

- d'un mélangeur large bande
- d'un filtre
- d'un amplificateur utilisé en zone linéaire
- d'un atténuateur programmable
- d'un atténuateur programmable pour garantir le fonctionnement du mélangeur (Down-converter) en zone linéaire
- d'un mélangeur large bande

*Le pilotage de ce banc s'effectue sur PC au moyen d'un logiciel développé sous HPVee.*

#### 5. CONCLUSION

L'intérêt du développement d'un outil de caractérisation large bande de fonctions ou sous-systèmes soumis à des excitations complexes (de type signaux télécom par exemple) n'est plus à démontrer. Le département Hyperfréquences du CNES a choisi de mettre en place une structure générique permettant de couvrir un grand nombre de besoin en terme de bande de fréquence et en terme de type de signal d'excitation (au moyen de l'AWG).

Ce banc sera utilisé pour l'élaboration et la validation de modèles, la caractérisation des distorsions apportées par différentes chaînes de transmission, ainsi que la détermination de condition de fonctionnement optimum d'amplificateurs de puissance. Les applications concernées vont de la télémétrie haut débit (bande X) aux télécommunications spatiales (expérimentations en orbite des non-linéarités de la charge utile de STENTOR : bande Ku ; et utilisation dans le cadre du projet 'Atelier Télécom du Futur [8] : bande Ka).

#### 6. REFERENCES

[1] "A New measurement system for large bandwidth NPR characterization of satellite transponders SSPAs", D. Barataud\*, A. Mallet\*, J.C. Lalaurie\*, L. Lapierre\*, J. Sombrin\*, T. Reveyrand, J.M. Nébus\* ECSC 5, topics : 'On-board technologies', 22/12/1999.

[2] "Présentation de l'Atelier Télécom du Futur (ATF) développé par le CNES", Ch. LAPORTE, Th. ROBERT, J-Ph. TAISANT (CNES), JMET 2001

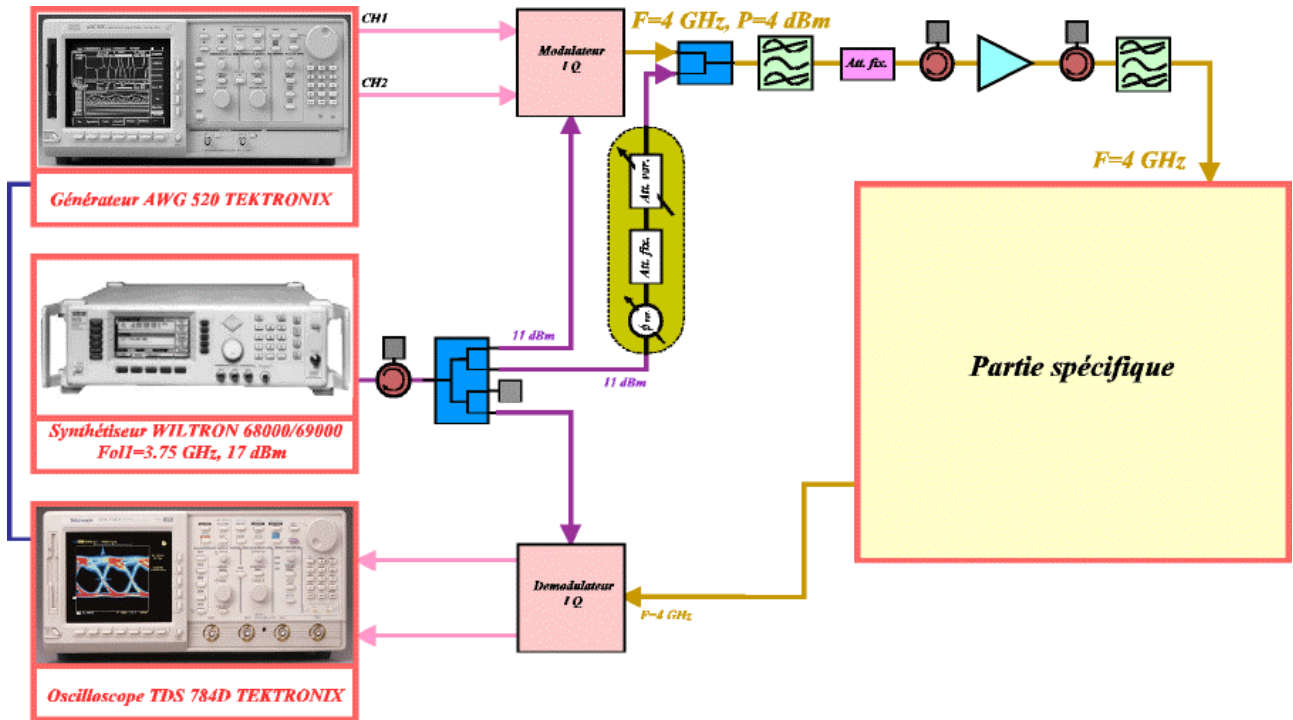


Figure 4: Partie générique du banc : interfaces à 4GHz

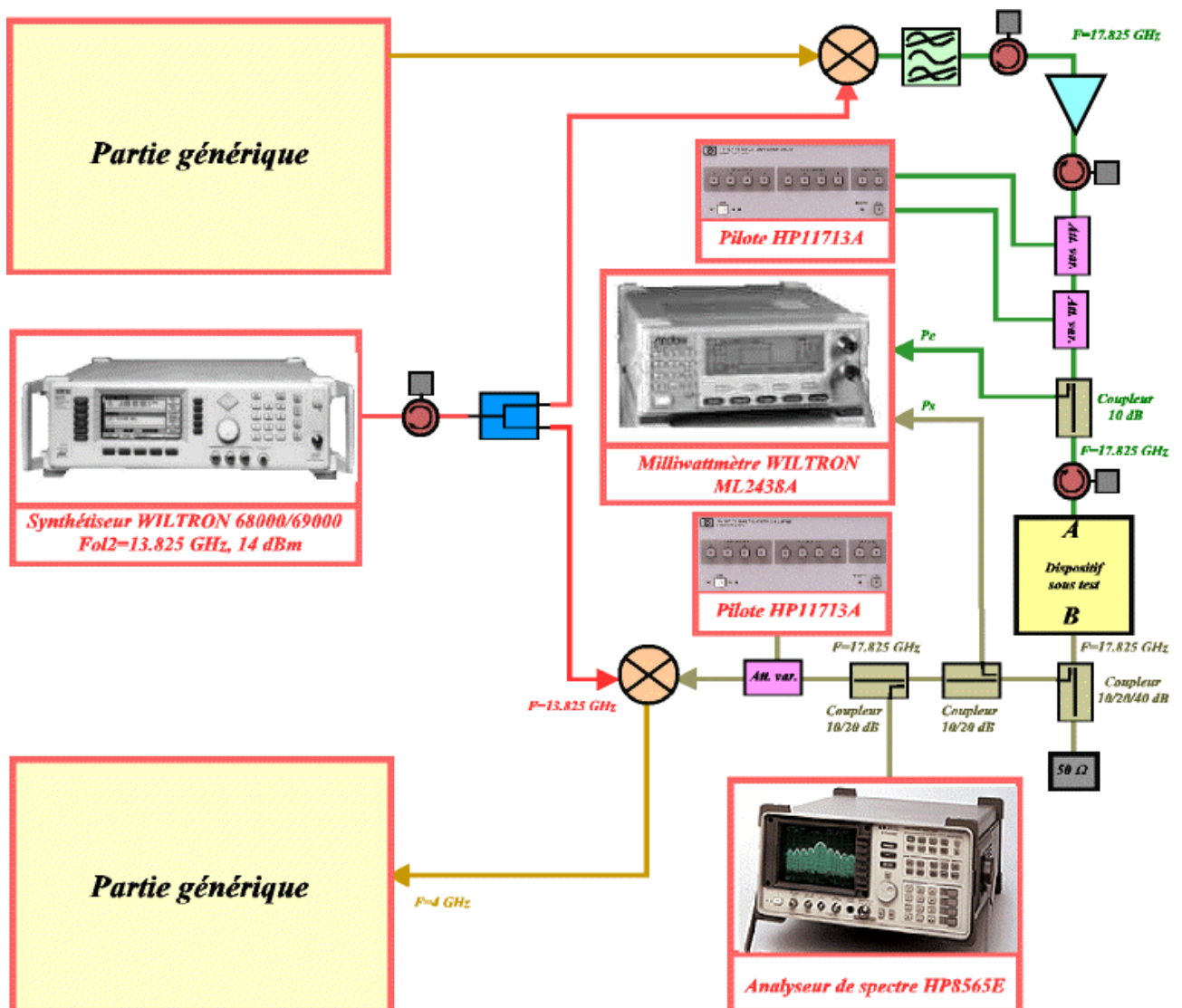
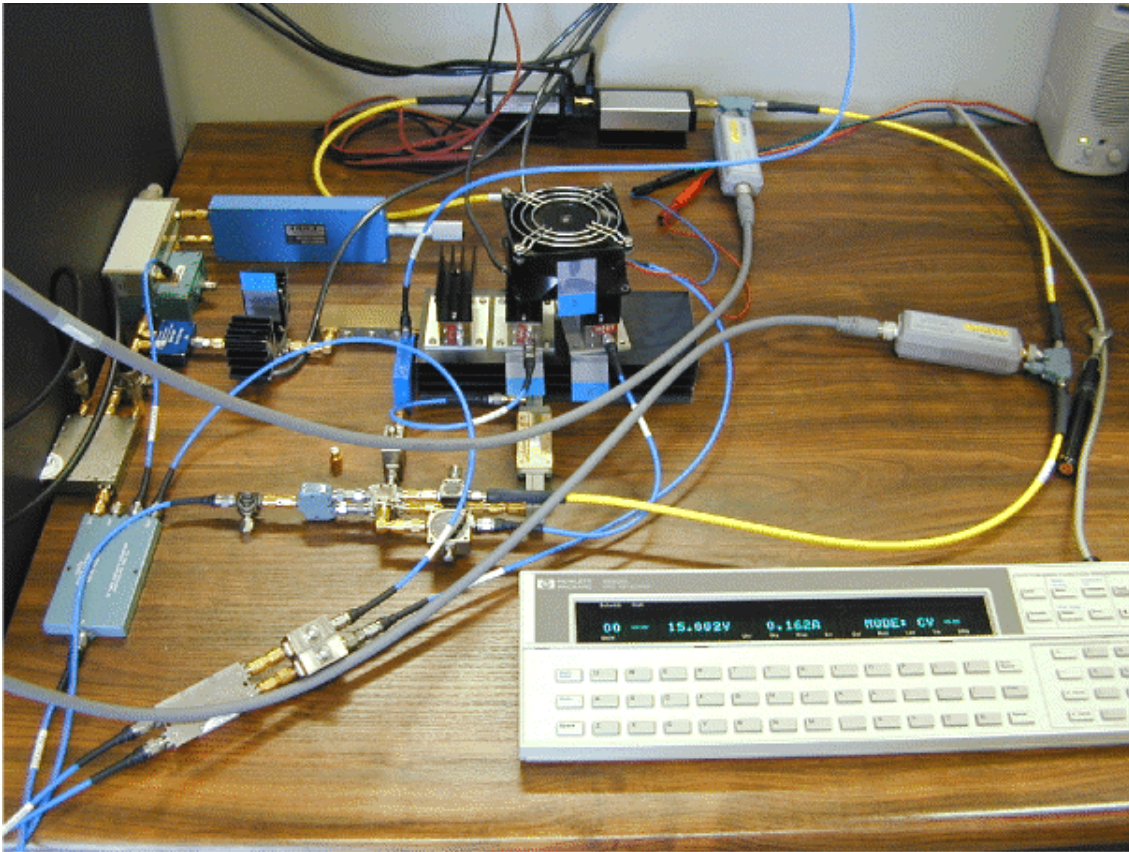
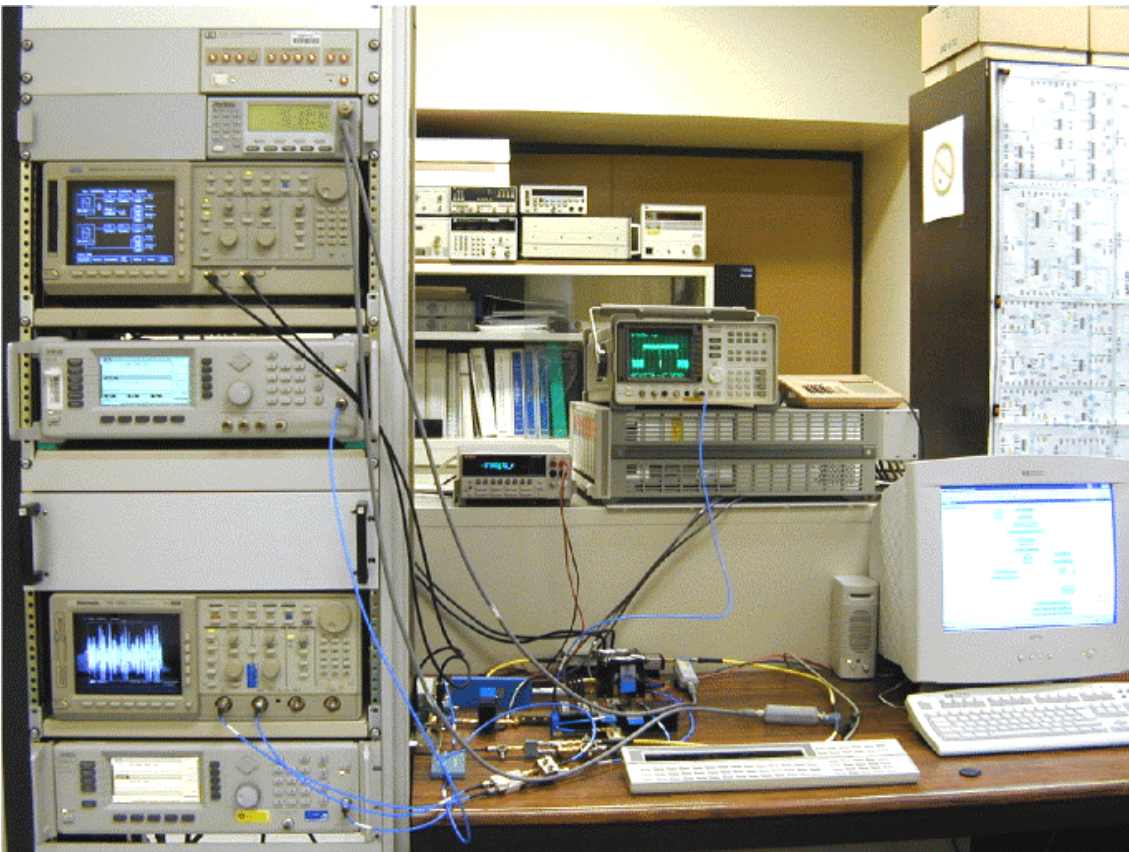


Figure 5 : Partie spécifique du banc pour des caractérisations autour de 20 GHz



*Figure 6 : Implémentation du banc à 20 GHz (1/2)*



*Figure 7 : Implémentation du banc à 20 GHz (2/2)*