

Caractérisation temporelle de transmodulation large bande d'un amplificateur de très forte puissance (50W)

M. Abou Chahine¹, A. Saleeh¹, T. Reveyrand¹, G. Neveux¹, D. Barataud¹, J.P Teyssier¹, J.M.Nebus¹.

¹XLIM, Université de Limoges, 123, Avenue Albert THOMAS, 87060, Limoges Cédex
mouhamad.abou-chahine@xlim.fr: correspondant principal

Résumé

Dans cet article est présenté un système 4 canaux de caractérisation dans le domaine temporel de la transmodulation créée par les dispositifs non linéaires microondes. Ce système de caractérisation fondé sur l'utilisation d'un LSNA (Large Signal Network Analyser) est entièrement calibré. Il permet donc la mesure des formes d'ondes temporelles (FOT) liée au transfert d'une modulation d'amplitude à porteuse conservée sur une porteuse située dans un canal de transmission distant de 20 MHz. Cette caractéristique de transmodulation est présentée pour un amplificateur FREESCALE PW61C1940 - 50W à la fréquence de 1.94 GHz.

1. Introduction

Dans les systèmes de radiocommunications, le nombre de standards augmente fortement ainsi que les besoins en bande passante. Souvent, la mauvaise isolation des duplexeurs fait qu'une partie des signaux d'émission (Tx) agissent comme des perturbations vis-à-vis des signaux utiles de la partie réception (Rx). Ces interférences ou cette transmodulation dégradent les performances du système [1]. Nous proposons une méthode de caractérisation temporelle de cette transmodulation produite par des amplificateurs de puissance. Cette méthode de caractérisation repose sur l'utilisation d'un LSNA entièrement calibré en amplitude et en phase pour la mesure des signaux large bande spécifiques à la mesure de transmodulation.

2. Description du banc de mesure temporelle d'enveloppe large bande pour la caractérisation de la transmodulation.

2.1. Description du banc de mesure

La génération du signal de test a été réalisée à partir de 2 générateurs de signaux modulés synchronisés. Le premier est utilisé pour générer une modulation d'amplitude à porteuse conservée (DBLPC).

Le second générateur est utilisé pour générer une porteuse non modulée (faible signal). La somme de ces 2 signaux constitue le signal à l'entrée de l'amplificateur sous test (AST) dont le spectre fréquentiel est décrit sur la Fig. 1

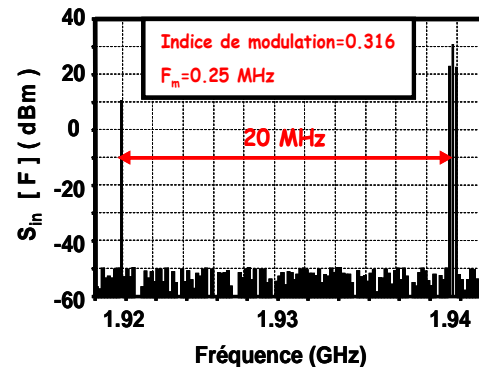


Fig. 1. Spectre de puissance d'entrée de l'AST.

Le banc de mesure utilisé pour la caractérisation de la transmodulation large bande est décrit sur la Fig. 2.

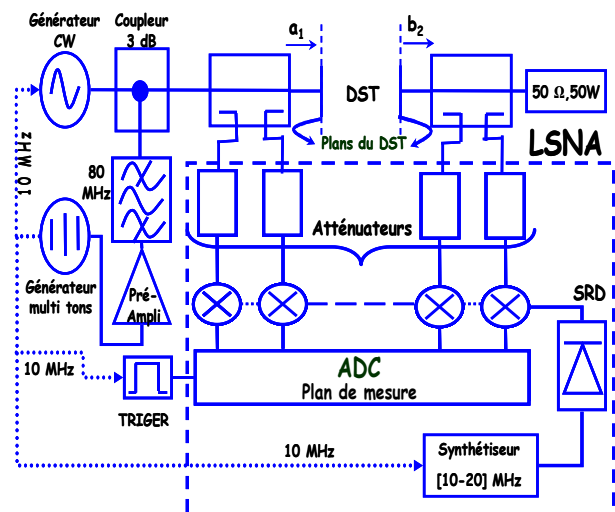


Fig. 2. Description schématique du système de mesure.

La porteuse modulée linéairement amplifiée est ajoutée à la perturbation située à 20 MHz avant d'être envoyée dans l'AST. Les 4 ondes de tension et courant présentes aux accès de l'AST sont ensuite mesurées par le LSNA dont le principe de fonctionnement repose sur des techniques de sous échantillonnage. Cette technique est équivalente à une translation/compression des porteuses harmoniques RF et à une translation de fréquence de l'enveloppe des signaux. Les harmoniques de l'enveloppe et des porteuses RF ne seront pas considérées dans ce travail. Si la bande passante du signal de modulation est supérieure à la bande passante des filtres anti-repliement des ADC (10MHz), le LSNA, dans sa configuration classique, ne peut en faire la mesure. Une méthode de mesure permet de réaliser une

translation/compression de fréquence de l'enveloppe des signaux large bande (20 MHz) de test grâce à une technique d'étalonnage en phase spécifique associée à un nouveau Générateur de Référence en Phase (GRP) présentés ici.

2.2. Etalonnage du système.

L'étalonnage du LSNA est destiné à connaître les termes d'erreur définis pour toutes les fréquences i dans la relation suivante :

$$\begin{bmatrix} a_1^i \\ b_1^i \\ a_2^i \\ b_2^i \end{bmatrix}_{DST} = K^i \exp(j\varphi^i) \begin{bmatrix} 1 & \beta_1^i & 0 & 0 \\ \gamma_1^i & \delta_1^i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2^i & \beta_2^i \\ 0 & 0 & \gamma_2^i & \delta_2^i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{1,M}^i \\ b_{1,M}^i \\ a_{2,M}^i \\ b_{2,M}^i \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trois étapes d'étalonnage sont nécessaires:

- Etalonnage SOLT : pour connaître les termes d'erreur $\beta_1, \gamma_1, \delta_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_2$
- Etalonnage en puissance : un wattmètre de puissance et un atténuateur 20 dB précaractérisé constituent l'étalon de référence. La détermination des K^i permet ensuite la mesure des amplitudes absolues.
- Etalonnage en phase : Un nouveau GRP a été construit pour mesurer les relations de phases d'un peigne de Dirac dont les fréquences sont distantes de $\Delta f=20$ MHz sur une bande de 1 à 4 GHz. Il a été réalisé à partir d'une diode SRD et d'une ligne de transmission non linéaire comme le montre la Fig. 3.

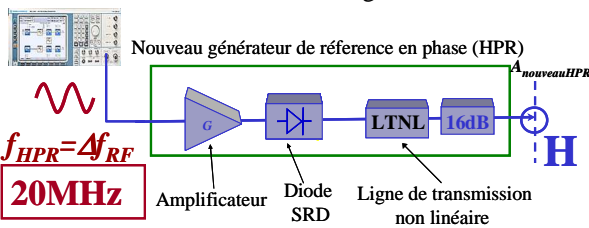


Fig. 3. Description du nouveau GRP.

Il a été ensuite étalonné par la société NMDG à l'aide d'un oscilloscope à échantillonnage 50 GHz [2]. Le signal de sortie possède donc des composantes fréquentielles dont les relations de phase sont parfaitement connues. La technique de Translation/Compression de fréquence d'un signal RF [1-4GHz] multi ton séparés de 20 MHz est alors identique à celle utilisée pour un signal RF CW et ses harmoniques. L'enveloppe de la modulation DBLPC autour de f_{p2} n'est pas étalonnée dans ce cas de figure. L'hypothèse de modulation bande étroite autour de f_{p2} est réalisée et les corrections apportées aux fréquences de modulation DBLPC sont les mêmes que celles apportées à la fréquence porteuse f_{p1} .

3. Résultats de mesures temporelles de transmodulation

Les figures 4 et 5 représentent les FOT du courant mesuré à la sortie d'un amplificateur FREESCALE PW6IC1940 50W-50Ω et polarisé à 28V. Ces représentations en temps équivalent sont obtenues pour un fonctionnement non linéaire de l'amplificateur (3 dB

de compression) et illustrent le phénomène de transmodulation de la DBLPC autour de f_{p2} vers la porteuse faible signal f_{p1} .

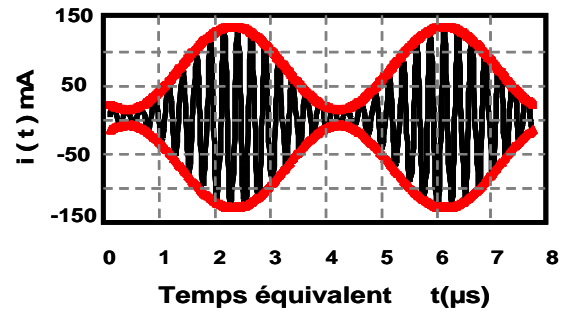


Fig. 4. Forme d'onde temporelle du courant autour de la porteuse faible signal f_{p1} .

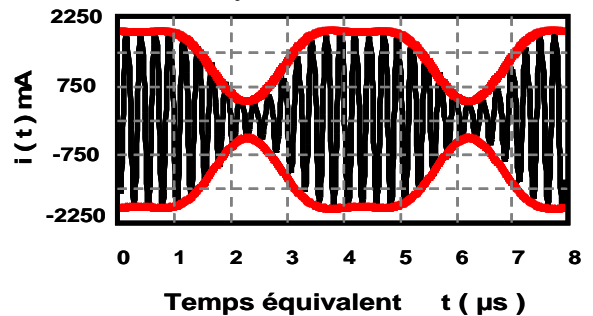


Fig. 5. Forme d'onde temporelle du courant autour de la porteuse fort signal f_{p2} .

Après extraction des formes temporelles des signaux de sortie de l'amplificateur testé, il est possible de définir les indices de transmodulation en amplitude et en phase :

$$|Ind_{CM}| = \frac{Max(|Env_{offset_tone}|) - Min(|Env_{offset_tone}|)}{Max(|Env_{offset_tone}|) + Min(|Env_{offset_tone}|)} \quad (2)$$

$$\angle Ind_{CM} = \frac{Max(\angle(Env_{offset_tone})) - Min(\angle(Env_{offset_tone}))}{2} \quad (3)$$

La figure 6 représente la superposition de ces indices en fonction du niveau de puissance d'entrée de f_{p2} et montre des variations fortes dans la zone de puissance de fonctionnement non linéaire.

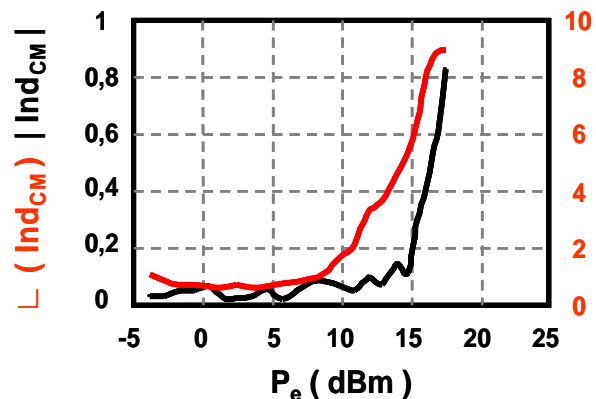


Figure 6. Module et phase de transmodulation en tension en fonction de la puissance d'entrée à f_{p2} .

4. Conclusion

Une méthode de caractérisation temporelle de la transmodulation fondée sur l'utilisation d'un LSNA et

d'un nouveau générateur étalonné de référence en phase est présentée. Des FOT ont été mesurées mettant en évidence les effets de transmodulation mesurés sur un amplificateur de puissance 50 W.

5. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Gérard BOUISSE pour la mise à disposition de l'amplificateur et la DGA pour son expertise technique. Ces recherches ont été menées dans le cadre du projet Lipsys soutenu par le pôle de compétitivité ELOPSYS et le Ministère de l'économie des finances et de l'emploi DGE (contrat 06.2.93.0716), <http://www.elopsys.fr/>

6. Bibliographie

- [1] M. Ranjan, and L. Larson, "An Analysis of cross modulation distortion in ultra wideband OFDM receivers" *IEEE MTT-S Int. Microw; Symp. Dig.*, pp. 872 – 875, June 2006.
- [2] J. Verspecht, K. Rush, "Individual Characterization of broadband sampling oscilloscopes with a "nose to nose" calibration procedure", *IEEE Trans. on Microwave Instrumentation and Measurement*, vol. IM-43, n°2, pp. 347–354, April 1994.