HAL open science

# Modélisation d'Amplificateur de puissance basée sur la transformée Fourier en utilisant une nouvelle méthode mathématique avec des retards

Calinoiu Eugen Nicusor, Smail Bachir, Claude Duvanaud

**To cite this version:**

Calinoiu Eugen Nicusor, Smail Bachir, Claude Duvanaud. Modélisation d'Amplificateur de puissance basée sur la transformée Fourier en utilisant une nouvelle méthode mathématique avec des retards. Journées Nationales Microondes, May 2011, Brest, France. pp.JNM. hal-00782919

**HAL Id: hal-00782919**

**https://hal.science/hal-00782919**

Submitted on 30 Jan 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

17$^{èmes}$ Journées Nationales Microondes
18-19-20 Mai 2011 BREST

# Modélisation d'Amplificateur de puissance basée sur la transformée Fourier en utilisant une nouvelle méthode mathématique avec des retards

N. Calinoiu, S. Bachir et C. Duvanaud
LAII-EA 1219, Université de Poitiers, IUT - 4 avenue de Varsovie, 16021 Angoulême. FRANCE.

**Résumé**

Cet article présente un modèle d'amplificateur utilisant plusieurs cellules de retard afin de modéliser les asymétries spectrales des raies d'intermodulation. L'asymétrie spectrale est caractérisée par une distorsion de l'amplitude et de la phase de l'enveloppe du signal de sortie. L'analyse des déformations d'enveloppe est utilisée pour obtenir les coefficients et les retards du modèle. Des simulations sous ADS sont utilisées pour montrer l'intérêt du modèle.

## I. Introduction

Le développement de nouvelles générations de systèmes mobiles de télécommunication augmente les exigences des amplificateurs de puissance (AP) en terme de puissance et de linéarité. Dans ce contexte, il est important de disposer d'un modèle précis du comportement de l'amplificateur. Ce modèle doit permettre d'évaluer par simulation les effets de l'amplificateur sur les performances d'un système de communication, ou de chercher à améliorer la linéarité par des techniques du type prédistorsion ou contre-réaction.

L'amplificateur présente des effets mémoires qui peuvent avoir des conséquences importantes sur les performances, principalement pour des applications large bande ou de puissance élevée. Les effets mémoires peuvent être classées en deux catégories. La mémoire haute fréquence généralement modélisé par des filtres et la mémoire basse fréquence. Cette dernière est fonction des impédances basses fréquences, liées aux réseaux de polarisation, des effets thermiques, ... Les conséquences sont une variation des performances avec la fréquence et des asymétries entre le niveau des bandes latérales inférieure et supérieure du spectre de sortie. Ces asymétries sont particulièrement marquées pour les tests d'intermodulation avec bi-porteuses.

Des travaux ont montré le lien entre l'asymétrie d'intermodulation et les déformations d'enveloppe des signaux [2]. D'autre part, des modèles utilisant des structures de type Wiener avec des retards répartis a été proposé et a montré une réduction de l'erreur de modélisation et la possibilité de modéliser les asymétries d'intermodulation [3][4]. Une répartition empirique des retards est généralement utilisé.

Dans cet article, nous proposons une formulation différente du modèle proposé dans [1], reposant sur les déformations d'amplitude et de phase de l'enveloppe. En effet, il est possible de montrer que les formes temporelles de variation d'enveloppe obtenues peuvent être retrouvées en introduisant des retards dans les modèles non linéaires. Ainsi, l'étude spectrale des variations des paramètres de l'enveloppe est utilisée pour la détermination des temps de retard et des coefficients du modèle. Le modèle est validé sur des résultats de simulation et en particulier l'asymétrie des raies d'intermodulation est parfaitement retrouvée.

## II. Modèle de l'amplificateur

Par analogie avec le modèle proposé dans [1], nous proposons un modèle dont l'écriture des fonctions de conversion d'amplitude et de phase sont fonctions des harmoniques instantanées et retardées. Les caractéristiques AM/AM et AM/PM sont alors décrites de la manière suivantes :

$$\begin{cases} F_{AMAM}(t) = \sum_{k=0}^{N} c_{2k+1} \cdot |V_{in}(t-\tau_{2k+1})|^{2k+1} \\ F_{AMPM}(t) = \sum_{k=0}^{M} d_{2k} \cdot |V_{in}(t-\tau_{2k})|^{2k} \end{cases} \quad (1)$$

où $c_{2k+1}$ et $d_{2k}$ sont des coefficients réels traduisant le poids de chaque harmonique et $\tau_i$ les retards permettant d'introduire les asymétries dans les enveloppes complexes de sortie et par conséquence sur le spectre.

## III. Résultats en simulation

Cette technique a été testée sous ADS sur le circuit de la figure (1).

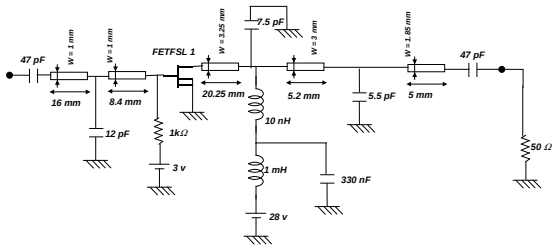


**Figure 1. Modèle de l'amplificateur utilisé**

L'amplificateur de puissance est constitué d'un étage d'amplification obtenu à partir d'un transistor à effet de champ de type MW6S010NR1 de FREESCALE. La fréquence de travail est de 900 MHz. Les résultats ont été obtenus par simulation en *équilibrage harmonique*. Pour cet amplificateur, nous avons choisit des fonctions de gain et de phase (eq. 1) d'ordre 7 ($N = 3, M = 3$) afin de tenir compte de l'ensemble des harmoniques. Les paramètres $c_{2k+1}$, $d_{2k}$ et les retards $\tau_i$ sont obtenus par une méthode de caractérisation fréquentielle en utilisant un signal modulant sinusoïdale, équivalent à un test bi-porteuses. Cette technique est basée sur une acquisition des données d'entrée/sortie et d'un calcul directe des paramètres du modèle à partir de l'analyse spectrale des signaux d'amplitude et de la phase en sortie.

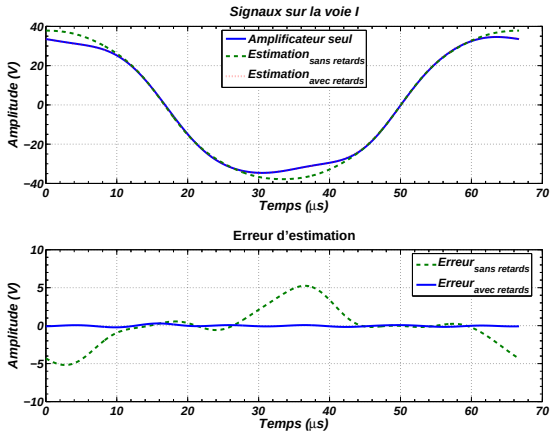


**Figure 2. Comparaison entre la sortie réelle et les sorties estimées pour un modèle avec et sans retards (voie I)**

Afin de montrer l'importance des retards introduits sur les harmoniques, nous avons comparés sur les figures (2) et (3) les sorties $IQ$ de l'amplificateur avec les sorties des modèles avec et sans retards. Le modèle sans retards étant obtenu en annulant les paramètres $\tau_i$ dans le modèle proposé (Eq. 1).

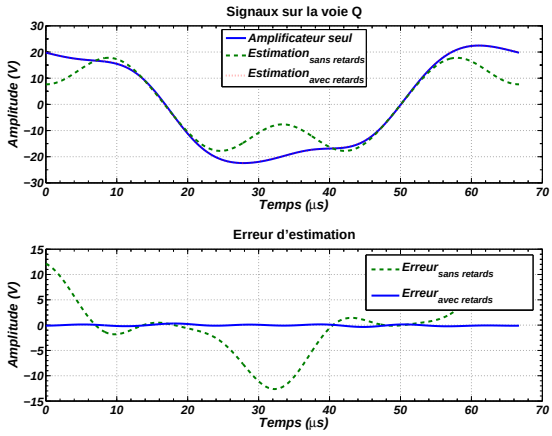


**Figure 3. Comparaison entre la sortie réelle et les sorties estimées pour un modèle avec et sans retards (voie Q)**

On peut constater une bonne correspondance des résultats et une poursuite parfaite dans le cas avec retards. Pour le modèle sans retards, on peut remarquer l'impossibilités de générer une asymétrie sur les enveloppes complexes.

Les spectres en sortie obtenus pour l'amplificateur seul, les modèles avec et sans retards sont représentés sur la figure (4). Pour plus de lisibilité, les spectres sont légèrement décalés en fréquence. Cette figure montre clairement l'intérêt de retarder les fonctions non-linéaires afin de retrouver l'asymétrie des raies d'intermodulation, ce qui est impossible avec un modèles sans retards.

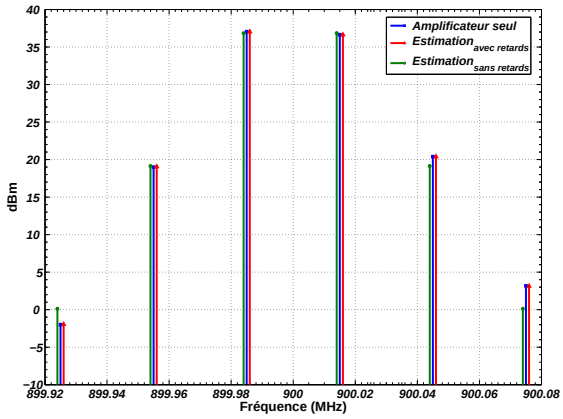


**Figure 4. Comparaison entre les spectres a la sortie de l'amplificateur de puissance**

## IV. Conclusion

Un modèle d'amplificateur de puissance en bande de base décrivant les caractéristiques non-linéaires d'amplitude et de phase en présence d'asymétrie des raies d'intermodulation a été présenté. La mise en œuvre d'une méthode originale de caractérisation par analyse spectrale permet alors d'aboutir à une modélisation du comportement en fréquence et des phénomènes non-linéaires caractéristiques de l'amplificateur de puissance.

## Références


[1] A. Ahmed, M. 0. Abdalla, E. S. Mengistu, and G. Kompa, *Power Amplifier Modeling Using Memory Polynomial with Non-uniform Delay Taps*, 34th European Microwave Conference, Amsterdam 2004

[2] D. J. Williams, J. Leckey and P. J. Tasker, *A Study of the Effect of Envelope Impedance on Intermodulation Asymmetry Using a Two-Tone Time Domain Measurement System*, Microwave Symposium Digest, 2002 IEEE MTT-S International, Vol. 3, pp. 1841–1844, Seattle, WA, 2002

[3] H. Ku and J. S. Kenney, *Behavioral Modeling of Nonlinear RF Power Amplifiers Considering Memory Effects*, IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 51, No. 12, December 2003

[4] Y-F. Cheng, D. M. Etter, *Analysis of an Adaptive Technique for Modeling Sparse Systems*, IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. 37, No. 2 Feb. 1989.