



**HAL**  
open science

## Analyse de l'influence du codage d'enveloppe sur les performances de l'amplificateur classe E d'une architecture polaire.

Fabien Robert, Martha Suarez, Antoine Diet, Martine Villegas, Geneviève Baudoin

### ► To cite this version:

Fabien Robert, Martha Suarez, Antoine Diet, Martine Villegas, Geneviève Baudoin. Analyse de l'influence du codage d'enveloppe sur les performances de l'amplificateur classe E d'une architecture polaire.. XVI Journées Nationales Micro-ondes, JNM, May 2009, Grenoble, France. pp.2F-16. hal-00446000

**HAL Id: hal-00446000**

**<https://hal.science/hal-00446000>**

Submitted on 11 Jan 2010

**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.

## Analyse de l'influence du codage d'enveloppe sur les performances de l'amplificateur classe E d'une architecture polaire.

Fabien Robert<sup>1</sup>, Martha Suarez<sup>1</sup>, Antoine Diet<sup>2</sup>, Martine Villegas<sup>1</sup>, Geneviève Baudoin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Groupe ESIEE, Equipe Système de Communication et Micro-systèmes (ESYCOM, EA 2552) 93160 NoisyLeGrand.

<sup>2</sup>DRE, (UMR 8506, UPS11, CNRS, Supélec), Supélec F-91192 Gif s/Yvette

robertf@esiee.fr : Fabien ROBERT

### Résumé

Aujourd'hui on observe une augmentation de la dynamique des signaux pour les nouveaux standards. L'utilisation d'amplificateurs linéaires ne permet pas d'obtenir de forts rendements. On peut envisager d'utiliser des amplificateurs en classe commutée associés à une architecture polaire fournissant un signal à enveloppe constante. Cela grâce à un codage de l'enveloppe par un modulateur de type  $\Sigma\Delta$ . Le but de cet article est de comprendre l'influence que peut avoir la forme d'un signal binaire sur les performances en commutation d'un amplificateur classe E conçu pour une application Wimax mobile (3.7GHz). L'article étudie les performances pour différentes répartitions probabilistes des niveaux à plusieurs fréquences de codage.

### 1. Contexte de l'étude

Certains standards récents tel que le Wimax mobile impliquent des signaux à forte dynamique d'enveloppe du fait de techniques de modulations de type OFDM. L'utilisation d'une architecture de type homodyne ou hétérodyne associée à un amplificateur linéaire, conduit à une réduction du rendement global de l'émetteur. Cela est principalement dû au fait que l'amplificateur doit travailler à un certain point de recul pour garantir une bonne linéarité. Il devient alors avantageux de concevoir une architecture polaire qui fournira un signal à enveloppe constante; associée à un amplificateur en classe commutée dont le rendement théorique est de 100% [1][2]. Ceci est possible en faisant commuter le transistor à la fréquence porteuse du signal à émettre. Pour s'affranchir d'une enveloppe variable on code l'information d'enveloppe pour obtenir à l'entrée de l'amplificateur commuté, un signal à enveloppe constante. C'est le principe même de l'architecture polaire  $\Sigma\Delta$  proposée dans [3].

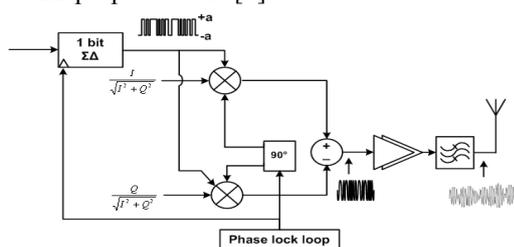


Figure 1. Architecture polaire associée

Le signal de sortie de l'architecture est donc un signal à enveloppe constante dont le niveau varie entre « +/- A ». Un amplificateur classe E a été conçu à 3.7GHz [4].

Il fournit un rendement de drain ( $\eta_D$ ) de 86.4% et un gain de 10dB pour une puissance de sortie de 18dBm. Pour optimiser les performances de l'amplificateur associé à l'architecture, il est alors primordial d'étudier la forme du signal à l'entrée de celui-ci. Il est nécessaire d'observer si le codage d'enveloppe, influence les performances de l'amplificateur. Une fois la forme du signal à appliquer à l'amplificateur connue, il sera alors possible de concevoir le modulateur  $\Sigma\Delta$  qui répondra au critère de codage.

Dans un premier temps l'étude détaille les paramètres du signal binaire, susceptibles d'avoir un impact sur l'amplificateur. L'article se penche sur la répartition probabiliste des niveaux du signal binaire; mais aussi sur le temps minimum d'un état. Une deuxième partie portera sur l'analyse des performances et les améliorations possibles au travers de la mise en forme du signal codé.

### 2. Grandeurs influençant les performances

#### 2.1. Répartition pseudo-aléatoire des niveaux

Le modulateur  $\Sigma\Delta$  fournit un signal carré dont la répartition des niveaux peut varier en fonction de la topologie du modulateur. Il est intéressant d'observer si une proportion de niveau +A supérieure au niveau -A favorise la commutation de l'amplificateur. En effet en favorisant un niveau par rapport à un autre on diminuera les sauts de phase sur la porteuse lors du mélange. Ci-dessous on peut observer deux trames binaires représentant pour la première une présence de 10% de niveau «-A et pour la seconde une équiprobabilité des niveaux, en sortie du modulateur d'enveloppe.

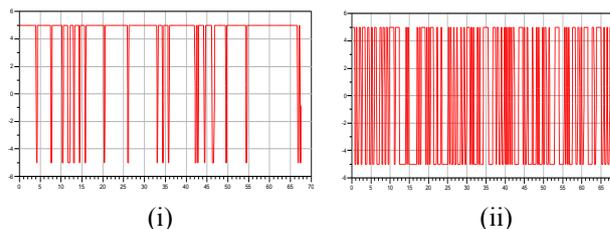


Figure 2. P(-A) = 10% (i) et 50% (ii)

## 2.2. Impact du temps minimum d'un niveau

En fonction de la fréquence de codage utilisée par le codeur d'enveloppe, le temps minimum ( $T_{min}$ ) d'un état «+A» ou «-A» varie. On peut envisager qu'un changement d'état trop rapide, ne permette pas une commutation optimale. Plus la fréquence de codage est élevée et plus les sauts de phase sur la porteuse sont nombreux. La partie suivante met directement en avant l'influence de  $T_{min}$  sur les capacités de l'amplificateur à commuter et à garantir un rendement maximum.

## 3. Analyse de la répartition et améliorations

L'évaluation des performances de l'amplificateur, réside principalement dans l'observation de sa capacité à commuter et à fournir de la puissance. Ainsi le rendement de drain et le gain sont révélateurs de l'impact du codage d'enveloppe sur l'amplificateur. A la place du signal  $\Sigma\Delta$ , on modélise une trame de 10000 bits à laquelle on applique une fonction de répartition de type Bernoulli. On simule alors le fonctionnement de l'architecture polaire et de l'amplificateur sous HP-ADS pour avec un signal Wimax mobile à 3.7GHz. On peut observer ci-dessous la variation de  $\eta_D$  en fonction de la probabilité d'état -A, pour différentes valeurs de fréquence de codage (Fsd), multiples de la fréquence porteuse.

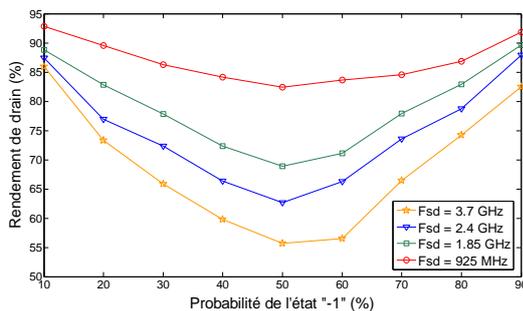


Figure 3.  $\eta_D$ (%) en fonction de P(-A).

Lorsque l'on favorise un niveau par rapport à un autre, on constate une nette amélioration du rendement. Les performances sont les plus dégradées lorsque l'on a l'équiprobabilité entre les niveaux. Dans le cas où Fsd est égale à 3.7GHz, la variation de rendement atteint 30%. Les meilleures performances sont obtenues pour une Fsd égale au quart de la porteuse et une probabilité P(-A) de 10 ou 90%. Ainsi on limite les sauts de phase et on diminue la vitesse de commutation nécessaire.

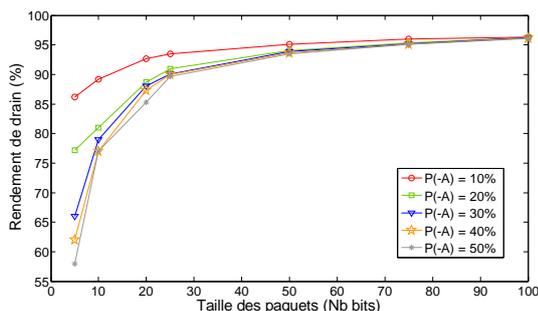


Figure 4.  $\eta_D$ (%) pour différentes tailles de paquets.

Devant l'importance de  $T_{min}$ , une amélioration est possible. En effectuant une mise en paquet des bits, on conserve la répartition du nombre de niveaux mais on augmente le  $T_{min}$ . Sur la figure ci-contre (fig.4), on observe sur une trame de 10000 bits, l'effet de la mise en paquets sur le rendement. Quelque soit la probabilité des niveaux, on observe une convergence des performances lorsque la taille des paquets augmente.

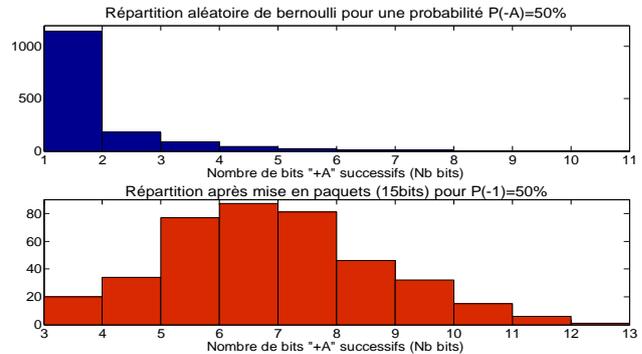


Figure 5. Taille des paquets «+A» à Fsd=3.7GHz

La figure (fig.5) ci-dessus met en évidence que la mise en paquet concentre la taille des groupes de bits successifs de même valeur. Cela revient à diminuer la vitesse d'apparition des sauts de phase et revient à diminuer artificiellement la fréquence de codage Fsd. Ainsi pour l'exemple P(-A)=50%, on passe d'un  $\eta_D$  de 56% à un  $\eta_D$  de 82% en faisant des paquets de 15bits. La mise en paquet a permis d'obtenir un  $T_{min}$  environs six fois supérieur au  $T_{min}$  initial lorsque Fsd=3.7GHz.

## 4. Perspectives

Cette étude a permis de montrer qu'une optimisation du codage d'enveloppe est nécessaire dans une architecture polaire afin d'améliorer les performances en commutation de l'amplificateur classe E. Une amélioration significative du rendement est possible, en trouvant le signal d'enveloppe adapté à l'amplificateur. Les performances en gain ont fait l'objet de mesures et seront présentées dans une version plus détaillée de l'article. D'après ce qui précède, il paraît intéressant dans une prochaine étape, de concevoir un modulateur d'enveloppe favorisant la mise en paquet des bits de codage, tout en optimisant la répartition des niveaux.

## 5. Bibliographie

- [1] N. Sokal, A. Sokal. Class E, A new Class of high efficiency Tuned single ended switching PAs. *IEEE journal of Solid State Circuits*, Vol. 10, No. 3, Juin 1975, pp 168-176
- [2] A. Grebennikov. Class E HPAs : Historical aspects and Future prospects. *Applied Microwave and Wireless* n°7 2002, pp 64-71
- [3] I. Hibon and al. Linear transmitter architecture using a 1-bit  $\Delta\Sigma$ , European Microwave Week 2005, *Proc. Conf. ECWT*, pp. 321-324.
- [4] F. Robert and al. Study of a polar  $\Delta\Sigma$  transmitter associated to a high efficiency switched mode amplifier for mobile Wimax. *Wamicon 2009*.