

# Etude et réalisation d'une antenne oscillatrice à 40 GHz

Mathieu Caillet, Olivier Lafond, Mohamed Himdi

▶ **To cite this version:**

Mathieu Caillet, Olivier Lafond, Mohamed Himdi. Etude et réalisation d'une antenne oscillatrice à 40 GHz. MajecSTIC 2005 : Manifestation des Jeunes Chercheurs francophones dans les domaines des STIC, IRISA – IETR – LTSI, Nov 2005, Rennes, pp.376-380. inria-00000731

**HAL Id: inria-00000731**
**https://inria.hal.science/inria-00000731**

Submitted on 15 Nov 2005

**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.

# Etude et réalisation d'une antenne oscillatrice à 40 GHz

**M. CAILLET, O. LAFOND, M. HIMDI**
IETR, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, Bât. 11D, 35 042 RENNES Cedex
mathieu.caillet@univ-rennes1.fr

**Résumé :** L'objet de cet article est l'étude de l'association d'une antenne multi-couche avec un oscillateur. Les antennes imprimées multi-couche sont favorables à l'intégration de composants actifs. Habituellement, les oscillateurs sont conçus à partir de composants actifs tels que les transistors ou les diodes. L'antenne oscillatrice imprimée est une solution technologique pour la réalisation de systèmes de communication légers et faible coût. Un point important est la possibilité de changer la fréquence d'émission de l'antenne pour permettre des communications numériques. Une méthode de conception est présentée et les performances à 40 GHz d'un prototype sont mentionnées afin de valider le fonctionnement en bandes millimétriques de l'antenne oscillatrice imprimée.
**Mots Clés :** Antennes et dispositifs millimétriques .

## 1 INTRODUCTION

Les systèmes fonctionnant dans les bandes millimétriques sont actuellement émergents et les télécommunications se démocratisent de plus en plus. Par exemple, nos véhicules seront dans le futur équipés d'un radar d'aide à la conduite (Adaptive Cruise Control, ACC) comme par exemple celui commercialisé par la société Autocruise[1]. Ces contextes imposent des antennes compactes, légères et faible coût afin d'être accessible au plus grand nombre et de contribuer ainsi à la sécurité routière. Les antennes imprimées multi-couches sont favorables à l'intégration de composants actifs [RAZBAN, 1]. L'antenne oscillatrice imprimée est une solution technologique pour la réalisation de systèmes de communication légers et faible coût.
Cet article présente l'étude d'une antenne oscillatrice à 40 GHz. Nous introduirons la structure de l'antenne, la conception et la mise au point de l'oscillator et nous mettrons en évidence la possibilité de changer la fréquence d'émission de l'antenne pour permettre des communications numériques.

[1]Autocruise
ZAC Technopôle Brest Iroise
Secteur de la Pointe du Diable
Avenue du Technopôle
29280 Plouzané
France

## 2 STRUCTURE DE L'ANTENNE

La structure de l'antenne est basée sur une technologie bi-couche (Fig. 1) [LAFOND, 2]. Cette technologie permet de séparer le circuit (ici l'oscillateur) des éléments rayonnants : ainsi, un rayonnement parasite ne sera pas présent et le rayonnement de l'antenne ne perturbera pas le fonctionnement du composant actif. L'antenne pastille associée à l'oscillateur est alimentée par une ligne imprimée au travers d'une fente gravée dans le plan de masse (pour permettre le passage d'une face à une autre).

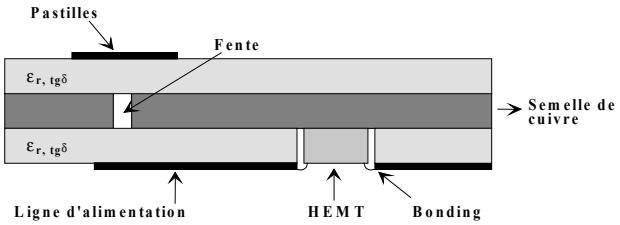
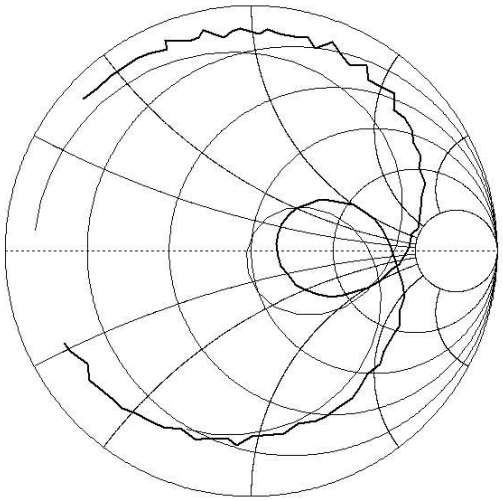



**Figure 1 :** Structure de l'antenne.

Plusieurs antennes pastille ont été dimensionnées à 40 GHz en utilisant cette technologie. L'impédance (Fig. 2-a) et la fréquence d'adaption (Fig. 2-b) mesurées sont ici comparées avec les résultats théoriques.



mesure, — simulation
**Figure 2(a)**

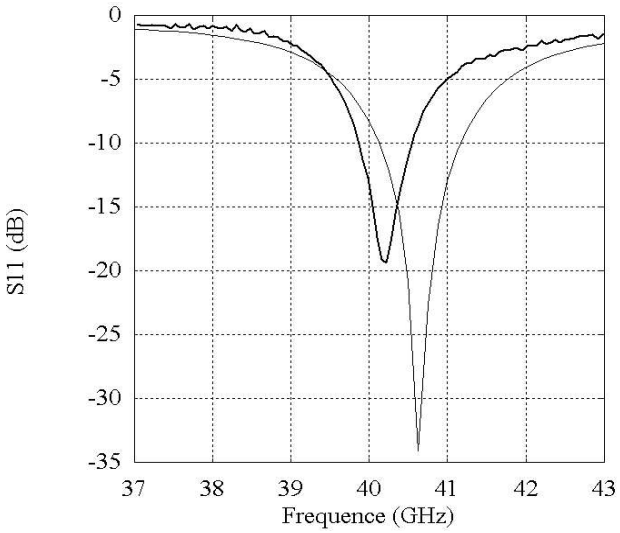



**Figure 2(b)**

**Figure 2 :** (a) Impédance d'entrée de l'antenne, (b) Fréquence d'adaption.

Ces résultats sont plutôt bons et assez précis pour permettre l'intégration de l'antenne pastille avec l'oscillateur.

## 3 CIRCUIT OSCILLATEUR

L'oscillateur est réalisé à partir d'un montage amplificateur à transistor dont la sortie est bouclée sur l'entrée (Fig. 3) ; la pastille est alimentée par une ligne placée en parallèle sur la boucle au travers d'une fente. La pastille alimentée par fente est modélisée par un circuit RLC [HIMDI, 3] afin d'être utilisée dans un programme CAO (Serenade[2], par exemple) pour la conception de l'oscillateur.

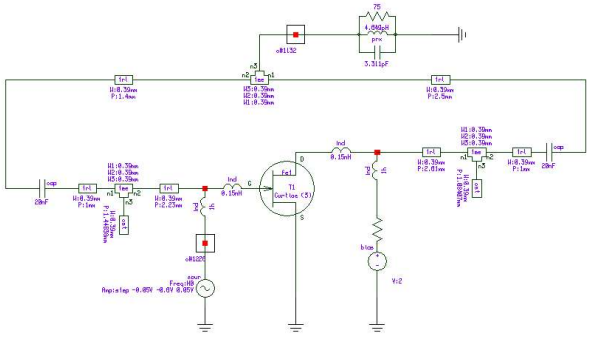
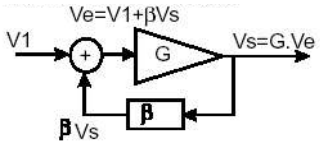


**Figure 3 :** Montage oscillateur à contre réaction.

La conception de l'oscillateur est basée sur la fonction de transfert d'un amplificateur bouclé (1). La condition d'oscillation est $\beta.G = 1$ mais en pratique cette condition est $\beta.G > 1$ car lorque l'on alimente l'amplificateur, le gain ne passe pas de zéro à sa valeur nominale en un temps nul. Lorsque le gain augmente, la valeur $1/\beta$ est atteinte et les oscillations s'amorcent. Cette dernière condition impose $\beta > 0$ et la phase entre l'entrée et la sortie de l'amplificateur doit être nulle [$2k\pi$].

$$\frac{Vs}{V1}=\frac{G}{1-\beta.G} \quad (1)$$




Pour vérifier ces conditions, l'oscillateur est défini comme un quadripole en introduisant deux ports dans la boucle (Fig. 4).
L'oscillateur ainsi défini, les conditions d'oscillation se basant sur les paramètres S deviennent : S21 >> 1, S11 << 1 et la phase de S21 est égale à zéro [$2k\pi$]. Une optimisation peut être faite en deux étapes pour respecter ces contraintes : première étape, adaptation du transistor , seconde étape, ajustement du gain et de la phase.

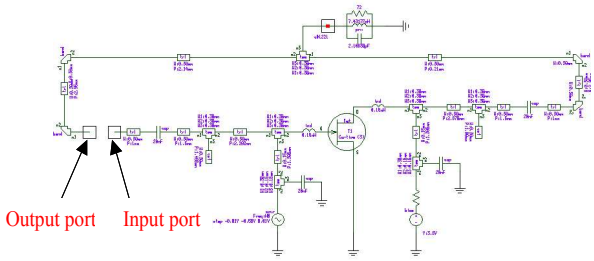



**Figure 4 :** Circuit de l'oscillateur défini comme un quadripole.

## 4 AMPLIFICATEUR

Le transistor utilisé est une puce PHEMT produite par UMS[3] (EC2612). La polarisation du transistor est réalisée à l'aide de lignes quart d'onde et de lignes radial en circuit ouvert qui fonctionnent comme une capacité à 40 GHz. L'adaptation en entrée et en sortie du transistor est obtenue en ajoutant des lignes stubs en parallèle. La simulation donne un gain de 6.7 dB pour ce montage amplificateur à transistor avec Ids = 10mA et Vds = 2V.
L'amplificateur est ensuite bouclé ; c'est pourquoi la tesion de grille doit être isolée de la tension de drain. Pour cela, une capacité de découplage a été dimensionnée : la tension de polarisation n'est pas transmisse, les hyperfréquences à 40 GHz subissent quelques pertes (-0.8 dB). La structure de cette capacité est celle d'un peigne (Fig. 5) ; le nombre de doigts est de 9 pour assurer un couplage suffisant.

---

[2]Serenade is a general purpose CAD package for performing high frequency circuit and system simulation and optimization. This program is marketed by Ansoft

[3]40GHz Super Low Noise PHEMT – MMIC Foundry PH 15 process
United Monolithic Semiconductors (UMS)
Route Départementale 128
B.P. 46
91 401 ORSAY Cedex - FRANCE



**Figure 5 :** Capacité de découplage en imprimé.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'oscillateur est défini comme un quadripole en ajoutant deux ports dans la boucle : la longueur de la boucle est ajustée pour obtenir les conditions d'oscillation (S21 >> 1, S11 << 1 et la phase de S21 est nulle [2kπ]) (Fig. 6).

## 5 SIMULATION DE L'OSCILLATEUR

Après cette optimisation, la boucle est refermée. Un port est placé en entrée de l'antenne pastille. Les résultats de simulation de l'oscillateur auxquels on s'intéresse ici sont la puissance de sortie et la fréquence d'oscillation, tout deux en fonction de Vgs.

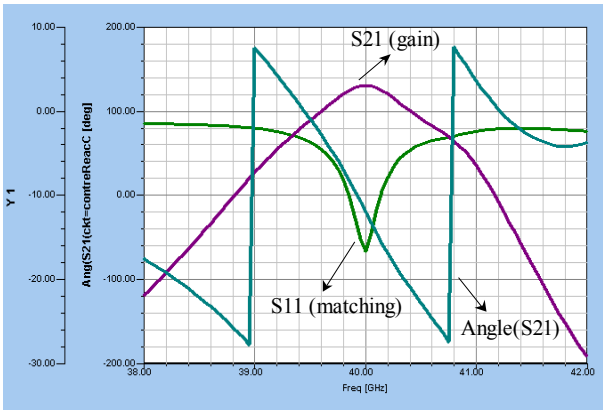



**Figure 6 :** Conditions d'oscillation.

La simulation donne une puissance de 2 dBm en entrée de l'antenne à 39,91GHz (Fig. 7). La PIRE (Puissance Intrinsèque Rayonnée Equivalente) est estimée à 7 dBm avec une antenne pastille. Le niveau du premier harmonique (80 GHz) est 48 dB en dessous du fondamental.

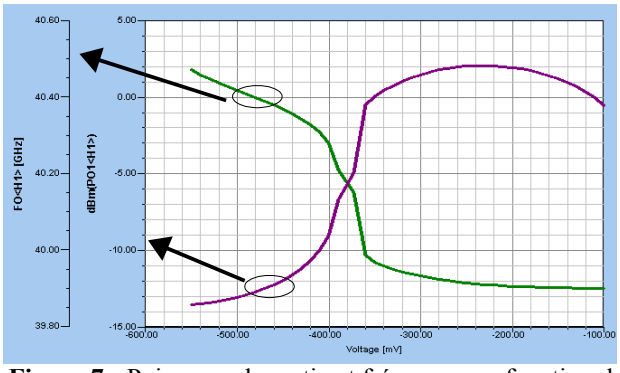



**Figure 7 :** Puissance de sortie et fréquence en fonction de Vgs.

## 6 RESULTATS ET MESURES

Une maquette (Fig. 8) a été réalisée et mesurée. La mesure de la fréquence d'oscillation est effectuée à l'aide d'un analyseur de spectre. La mesure de la PIRE est déduite par comparaison avec la puissance d'un synthétiseur.
La fréquence d'oscillation a été mesurée à 42GHz (Fig. 9). Deux mesures sont nécessaires pour connaître la PIRE. Ces deux mesures sont faites pour une distance de 930 mm entre l'émetteur (l'antenne oscillatrice) et le récepteur (une antenne cornet reliée à l'analyseur de spectre).

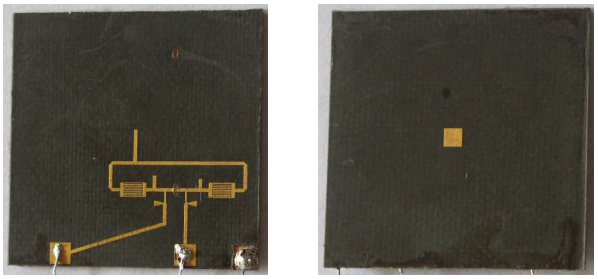


**Figure 8 :** Maquette.

### 6.1 Spectres et PIRE

La première mesure donne le niveau de puissance reçu de l'antenne oscillatrice à la fréquence de 42 GHz : -42.6dBm. La seconde mesure fournit le niveau de puissance reçu par une antenne cornet de19,5 dB de gain connectée à un synthétiseur dont la puissance est de 0 dBm à la fréquence de l'oscillateur : -26.3dBm. La différence entre ces deux niveaux de puissance correspond à la différence entre les PIRE des deux émetteurs. La PIRE de l'antenne oscillatrice est donc de 3,2 dBm. Le décallage de fréquence entre la imulation et la mesure est de 5 %.

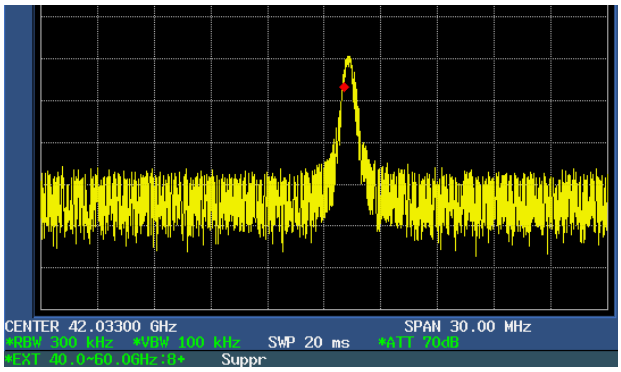



**Figure 9 :** Spectre à la fréquence d'oscillation.

### 6.2 Changement de la fréquence

La fréquence d'oscillation peut être changée en ajustant la tension de polarisation du transistor (Fig. 10). La PIRE de l'antenne oscillatrice varie peu (moins d'un dBm) et la bande de fréquence couverte est de 70 MHz. Cette technique peut être appliquée aux communications numériques.

## 7 CONCLUSION

Un oscillateur à contre-réaction utilisant un amplificateur à transistor a été intégré à une pastille alimentée par fente. La mise au point de l'oscillateur est basée sur les conditions d'oscillation, vérifiées en définissant l'oscillateur comme un quadripole. Cette méthode est assez simple et les résultats obtenus ont montré son efficacité.
Tous ces résultats illustrent le fait que la technologie bi-couche utilisée est valable. Ceci confirme également la possibilité de reporter des composants actifs avec cette technologie.
Ces résultats permettent de valider la méthode utilisée pour une antenne pastille en bandes millimétriques et ouvre la perspective à l'intégration de réseaux d'antennes.

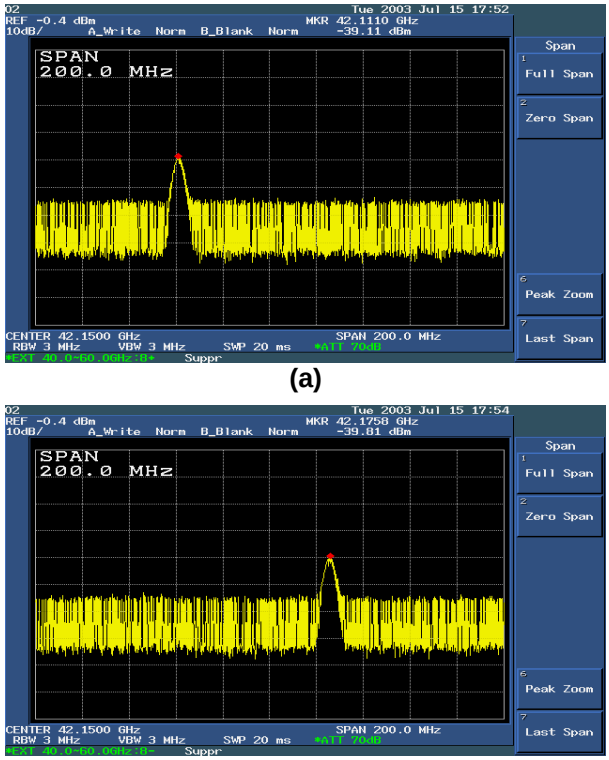



**Figure 10 :** (a) Fréquence à 42.11GHz avec Vgs = -0.2V, Vds = 3.2V. (b) Fréquence à 42.18GHz avec Vgs = -0.2V, Vds = 3V.

## REMERCIEMENT

Les auteurs tiennent à remercier Mr Didier VANDERMOERE de l'Institut d'Electronique et de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) pour son assistance technique dans la réalisation de l'oscillateur, rendant possibles ces résultats.

## BIBLIOGRAPHIE

[RAZBAN, 1] T. Razban, M. Nannini, A. Papiernik, "Integration of Oscillators with Patch Antennas", *Microwave Journal*, pp. 104-110, Janvier 1993.

[LAFOND, 2] O. LAFOND, M. HIMDI, J.P. DANIEL, "Thick slot coupled printed antennas arrays for a 60 GHz indoor communication system", *Microwave and Optical Technology Letters*, Volume 25 / Number 2, pp. 105-108, 20th January 2001.

[HIMDI, 3] M. HIMDI, « Analyse et synthèse d'antennes imprimée alimentée par fente. Application au réseau », *Thèse de l'Université de Rennes 1*, 11 juillet 1990.