



**Journée du Club
OCA
Nice
10 Juin 2016**



Développement de solution Radio-sur-Fibre bas coût pour le déploiement de réseaux LTE et WiFi

C.Viana⁽¹⁾, S.Todkar⁽¹⁾, J.L. Polleux⁽¹⁾, D.Le Brouster⁽²⁾, E.Le Diraison⁽²⁾,
C.Algani⁽³⁾, S.Faci⁽³⁾, A.L.Billabert⁽³⁾, F.Magne⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Université Paris-Est, ESYCOM, ESIEE Paris- UPEM – Le Cnam, Noisy-le-Grand;

⁽²⁾ Vectrawave; ⁽³⁾ Le Cnam, ESYCOM; ⁽⁴⁾ When-AB, Paris

Le développement des technologies Radio-sur-Fibre (Radio-over-Fibre, RoF) a débuté dès les années 1980, et a progressé à la fois dans les applications militaires et civiles. Une des principales applications civiles consiste à déporter des signaux radio de téléphonie mobile ou de télévision dans des infrastructures à grande capacité (tunnels, stades, centres commerciaux, grands bâtiments) ou vers le particulier pour des applications de CATV notamment. Il s'agit cependant de marchés de niches. L'exploitation sur le terrain de la technologie RoF dans le déploiement des réseaux mobiles extérieurs, bien que depuis longtemps étudiée, est plus récente et toutefois souvent limitée à une configuration Digital-RoF (D-RoF) utilisant des architectures et composants numériques au plus long dans la chaîne. L'utilisation d'architectures IF-RoF et Full-RoF sont des alternatives qui doivent permettre de simplifier davantage les têtes radio, en regroupant la gestion des modulations et des fréquences de manière déportée. Cette approche est d'autant plus prégnante pour les systèmes denses LTE et futurs réseaux 5G (réseaux urbains) et WiFi (réseaux urbains et domestiques) que le ratio du nombre de têtes radio par utilisateur ou par m² augmente fortement, impliquant une pression forte sur le coût global du système.

Une maîtrise fine de la liaison et de son dimensionnement est ainsi nécessaire afin de garantir un niveau de performance maximal sur la transmission des signaux radio (EVM notamment), tout en respectant des critères de coût très contraints. Le concepteur de système radio doit également disposer d'outils simples pour analyser ses liaisons optiques et les optimiser au niveau du choix des composants individuels. Le système doit finalement comporter des boucles de gestion numérique, de façon à s'auto-adapter aux conditions de terrain, sans expertise technique forte de l'installateur.

Cette contribution propose la mise en place complète d'outils et grandeurs optique-microondes sur la transmission de signaux de *front-hauling* LTE en architecture IF-RoF, en réalisant le lien entre les performances du composant et son impact sur le système. Un outil original d'extraction des performances de bruit (RIN, NEP) et de linéarité (IP1dB, IP3) des lasers et photorécepteurs individuellement à partir de mesure EVM est proposé. Enfin des pistes pour la poursuite de la réduction des coûts des composants seront discutées.

Le projet MORF concerne le « fronthaul » en radio sur fibre des têtes de réseau de système radio PmP, voir Figure 1. Les radios de têtes de réseau PmP sont connectées par la fibre qui transporte un signal RF (en l'occurrence du 5-6GHz) depuis le Centre de Commutation d'Infrastructure (CCI) jusqu'à la station de base (BS), sur au plus 20km. Les têtes de réseau PmP transposent les signaux RoF en bande millimétrique pour les distribuer aux cellules radio 4G et aux entreprises. Plusieurs secteurs radios sont co-localisés sur la BS. La fibre est multiplexée sur 8 longueurs d'onde dans la bande 1550nm, permettant d'alimenter jusqu'à 8 secteurs. Pour les systèmes PmP très large-bande, le signal d'un canal correspond aux standards 802.11n et 802.11ac. Le standard 802.11n se compose d'un multiplex OFDM jusqu'à 8 canaux de 40MHz sur 500MHz de bande typique, en modulation QPSK, 16QAM ou 64QAM, permettant ainsi au système des débits de 78-120Mbps x 8 par secteur. Afin de respecter les contraintes de qualité de signal une dégradation maximale de 1,5% de l'EVM par la liaison RoF est exigée. Le lien RoF sélectionné est à modulation et détection directes. Il présente un gain unitaire pour des pertes optiques de 22dB maximum. Un PA de 33dB de gain est positionné en tête de ligne avec un NF de 5dB, et un P1dB de 21dBm. Un LNA reçoit le signal de sortie avec un P1dB de 21dBm et un NF de 3dB. Les performances du module laser 8GHz (TOSA) et du module de réception (ROSA) sont ajustées pour atteindre l'objectif, voir Figure 2.

Une simulation est également réalisée pour prendre en compte le cas de laser bas coûts de bande passante 4GHz, donc inférieure à la fréquence porteuse du signal. Les contraintes qui en sont déduites pour les composants sont présentées en Figure 3. Des mesures préliminaires sont réalisées sur différents lasers dont 2 lasers de bande passante supérieure à 6GHz et 1 laser de 4GHz de bande passante, connectés à une photodiode EM4, sans inclure les amplificateurs amonts et aval. Ces mesures sont réalisées en QPSK à 4,7GHz. Une linéarité supérieure aux exigences minimales est obtenue. Les limitations du banc masquent l'EVM minimal de la liaison RoF à moins de 2%, voir Figure 4.

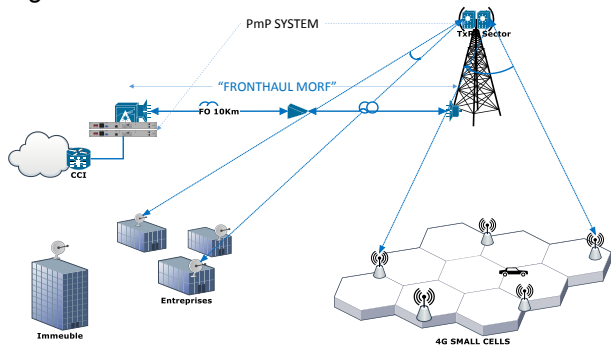


Figure 1 : Fronthaul d'un système PmP

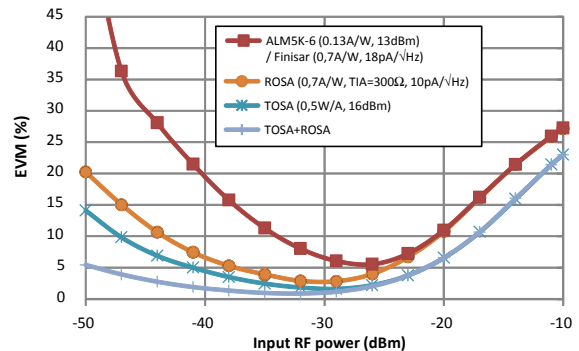


Figure 2 : EVM simulé pour une liaison de gain unitaire à 5,5GHz avec IL=-22dB pour un canal 16QAM IEEE802.11n

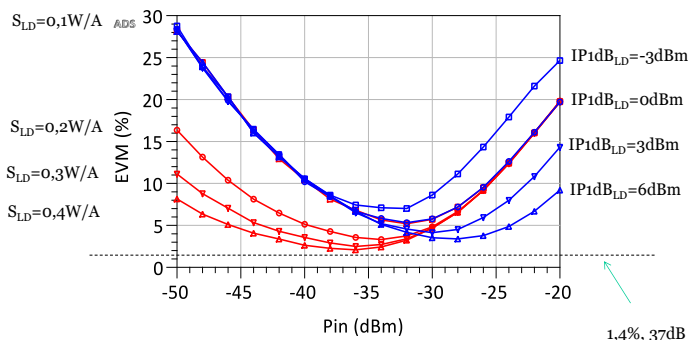


Figure 3 : EVM simulé pour un laser 4GHz pour Fc=5,5GHz et IL=-22dB pour un canal 16QAM IEEE802.11n

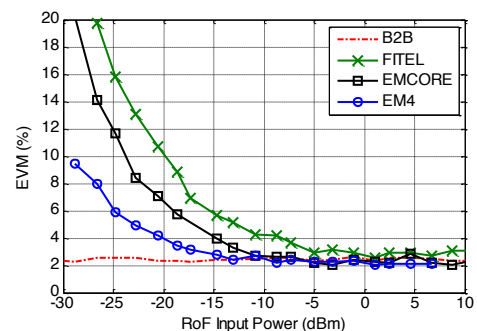


Figure 4 : EVM mesuré pour une liaison élémentaire laser + photorécepteur, avec Fc 4,7GHz, IL=-5dB, IEEE802.11n QPSK

Une étude multi-bandes démontre une dégradation minimale de l'EVM des canaux adjacents en cas de puissances équilibrées des canaux, mais de plus de 5% sur le canal le plus faible dans le cas d'un déséquilibre de 3dB sur l'adjacent et 6dB sur l'adjacent d'ordre 2. La sélection des composants est établie à partir de grandeurs optique-microondes [1] qui permettent de transposer les approches de conception de liaison du domaine microonde vers le domaine optique. Les règles de composition des IP1dB et IP3dB sont proposées au niveau optique-microonde (OM). L'EVM OM du laser ou du photorécepteur est également proposé qui se déduit des performances au niveau composant selon :

$$EVM_{dB}^{OM} \approx 10 \log_{10} \left[B \cdot 10^{\frac{kT + NF^{OM} - P}{10}} + 10^{\frac{P - IIP3^{OM}}{5}} \right] \quad (1)$$

L'implantation des modèles comportementaux est réalisée en exploitant une non-linéarité en tangente hyperbolique. Les modèles analytiques et comportementaux sont comparés. Un ajustement satisfaisant aux mesures est obtenu. La validité de cette approche et ses limites seront discutées.

Références :

- [1] C.Viana, "Technologic Development of VCSELs and system integration with SiGe HPT receivers for low cost Radio-over-Fiber applications", Ph.D. dissertation, UPE, ESYCOM, May 2014.