

**Université de Limoges - Offre de thèse CIFRE 2024**

Prénom du directeur de thèse	Smail
Nom du directeur de thèse	Bachir
Email du directeur de thèse	<a href="mailto:smail.bachir@univ-poitiers.fr">smail.bachir@univ-poitiers.fr</a>
Téléphone du directeur de thèse	0545673661/0781628999
Statut du directeur de thèse	MCF HDR
Etablissement du directeur de thèse	Université de Poitiers
Laboratoire du directeur de thèse	XLIM UMR CNRS 7252
Equipe de recherche du directeur de thèse	Equipe Sycomor/C2SNL
Axe de recherche du directeur de thèse	SRI/SRF
Prénom du co-directeur de thèse	Sébastien
Nom du co-directeur de thèse	Mons
Email du co-directeur de thèse	<a href="mailto:Sebastien.Mons@unilim.fr">Sebastien.Mons@unilim.fr</a>
Téléphone du co-directeur de thèse	05555457296/0660878541
Statut du co-directeur de thèse	Chargé de Recherche CNRS
Etablissement du co-directeur de thèse	Université de Limoges
Equipe de recherche du co-directeur de thèse	C2snl
Axe de recherche du co-directeur de thèse	SRF
Intitulé du projet de thèse proposé	"Linéarisation des amplificateurs de puissance RF en bande Ka pour applications satellitaires par prédistorsion numérique"
Début de la thèse prévu	Date de début prévisionnelle : 01 Novembre 2024
Mots clés du sujet	Amplificateurs de puissance, linéarisation, modélisation comportementale, prédistorsion numérique, algorithmes d'optimisation, applications satellitaires.
Résumé de la thèse	La thèse vise la linéarisation des amplificateurs de puissance RF en bande Ka pour applications satellitaires par prédistorsion numérique
Objectifs	Aboutir à un démonstrateur capable de corriger les imperfections liées aux non-linéarités des amplificateurs de puissance dans un contexte de transmission satellitaires en bande Ka

<p>Description du sujet de thèse</p>	<p>Ces dernières années, le secteur spatial est remis en cause dans ses fondements. L'évolution numérique et la baisse des coûts de lancement et de mise en orbite des satellites bouleversent le modèle économique de cette industrie, créant de nouveaux services de connectivité à bas coût. On connaît actuellement le déploiement de nombreuses constellations de satellites, permettant de répondre aux exigences croissantes des utilisateurs en termes de débit de données, de qualité de service et sécurité des transmissions ainsi qu'en connectivité permanente. Cette expansion exige des formats de modulation de signaux complexes pour permettre une utilisation efficace des ressources spectrales et une meilleure robustesse face aux canaux de propagation. Toutefois, ces formats de modulation génèrent des signaux dont l'enveloppe varie, ce qui entraîne des rapports importants entre la puissance crête et la puissance moyenne, appelés PAPR "Peak-to-Average Power Ratio", pouvant atteindre des niveaux élevés, ce qui dégrade le bilan énergétique lié principalement à l'étage d'amplification. En effet, la majeure partie de la consommation d'un émetteur se situe au niveau des amplificateurs d'émission (PA, pour Power Amplifier). Or, ces éléments ont une efficacité énergétique faible, le maximum de celle-ci étant proche de la saturation, donc de la zone fortement non-linéaire de l'amplificateur. Ce fonctionnement non-linéaire est évidemment non-souhaité car il déforme les signaux, introduisant des erreurs dans la transmission et des perturbations spectrales sur les canaux adjacents, mesurés par le critère ACPR (Adjacent Channel Power Ratio). La solution pratique qui consiste à sur-dimensionner le PA pour rester dans sa zone linéaire n'est plus acceptable, car gourmande en énergie (Consommation d'une puissance électrique importante pour une puissance fournie réduite). C'est dans ce contexte que le développement de solutions de linéarisation des amplificateurs RF pour les applications satellitaires fonctionnant à haut rendement devient un impératif. Le verrou technologique étant donc l'étage analogique d'amplification qui est fortement non-linéaire au maximum de son rendement et ceci d'autant plus que les formes d'onde mises en jeu sont large bande. Les compromis nécessaires pour ce bloc linéariseur se situent au niveau i) de la complexité des traitements, ii) des performances radio (remontées de bruit dans la bande et remontées des niveaux des bandes adjacentes qui devront respecter les masques imposés par les standards de transmission) et iii) du temps de reconfiguration en fonction des variations des composants analogiques. La linéarisation par prédistorsion numérique (DPD pour Digital PreDistortion) est au cœur de ces compromis. Les précédentes études ont toutes cherché à optimiser l'architecture de linéarisation et les traitements associés afin d'atteindre des performances optimales principalement pour des stations de base déployées pour les nouvelles générations de téléphonie mobile (4G/5G). Il s'agit dans ces travaux de thèse de répondre à la même problématique avec néanmoins trois défis majeurs en termes de fréquence, de puissance et de bande liés aux communications satellitaires, en proposant de nouvelles architectures de linéarisation couvrant la bande Ka (autour de 30GHz), pour des PA capables de fournir 160W et supportant quelques centaines de MHz de bande passante. Dans ce travail de thèse au sein du Laboratoire XLIM (site d'Angoulême et de Limoges) et la société Safran (Colombelles), il s'agit d'étudier deux approches différentes afin d'en sélectionner celle qui est la plus appropriée pour l'application visée :- Une DPD basée sur un modèle polynomial (dit à temps discret) de type GMP (Generalized Memory Polynomial model) qui est largement déployé et qui représente l'état de l'art en terme de performances, avec comme inconvénient, le nombre de coefficients et de termes qui augmente considérablement avec les effets mémoire qu'on retrouve dans les PA. Une optimisation sur la méthode d'identification de ce modèle sera à étudier en vue de rendre possible la mise en œuvre en temps réel pour les signaux Ka-SatCom.- Une DPD basée sur un modèle comportemental de PA (dit à temps continu)</p>
--------------------------------------	--

	<p>dont l'identification repose, non pas sur le signal de modulation complexe, mais sur des signaux élémentaires 1 ton et 2 ton dans le plan puissance / fréquence du dispositif. Ce modèle à deux voies de mémoire (TPM : Two Path memory), développé à Xlim n'est donc pas intrinsèquement lié à un signal de modulation particulier, ce qui lui permet une bonne reproduction de la réponse du PA pour des modulations diverses. Il offre donc la perspective de réalisation d'une fonction de prédistorsion peu dépendante du signal de modulation, ce qui permettrait de limiter la complexité de la boucle d'observation et de reprogrammation du modèle. La complexité du modèle TPM en termes de coefficients reste à évaluer dans ce travail en vue d'une implémentation de type FPGA. Compte tenu des niveaux de puissance envisagés ainsi que de la bande de fréquence considérée, l'approche consistera à extraire un modèle comportemental de la cellule unitaire de puissance afin de construire un modèle comportemental du SSPA complet en vue de son inversion. L'étude sera conduite au niveau système dans l'environnement VISION (Amcad Engineering) permettant de réaliser un « jumeau numérique » du SSPA et du modèle de linéarisation associé, ceci afin d'estimer en amont les performances en linéarité atteignables et d'aider également au dimensionnement du banc associé (modèle de linéarisation GMP ou TPM + PA physique). Ces deux approches ont été étudiées et approfondies au sein du laboratoire XLIM, avec plusieurs thèses et démonstrateurs sur lesquelles le doctorant pourra s'appuyer. Néanmoins, leur déploiement dans le cas des communications satellitaires qui impliquent une montée en fréquence, puissance et bande pour couvrir toute la largeur de la bande de la voie montante Ka-SatCom, ainsi que l'utilisation de nouveaux standards comme le DVB-S2 est un challenge à relever. Des problématiques nouvelles pourraient constituer des verrous scientifiques comme l'empilement des modules de puissance qui impactent les caractéristiques statiques (AM/AM et AM/PM) et dynamiques (effets mémoires) de l'amplificateur. Dans cette thèse, une grande partie sera aussi consacrée au montage d'un démonstrateur (localisé à Safran Colombelles) qui articulera des aspects :- électroniques, liés aux fréquences et aux puissances mises en jeu. Le laboratoire XLIM et la société Safran possède une grande expertise dans ce domaine avec une maquette qui est à l'étude actuellement pour préparer l'arrivée du doctorant. - numériques, liés à l'implémentation de la DPD. Pour ce volet, plusieurs solutions sont à l'étude comme l'utilisation des cartes USRP (Universal Software Radio Peripheral) pour permettre une implémentation rapide et flexible lors des premiers essais, ce qui facilitera le passage à l'implémentation sur carte DSP/FPGA, avec là encore, un appui majeur de la société Safran. Le sujet traité dans cette thèse de doctorat est transverse à plusieurs disciplines comme les radiocommunications, l'électronique analogique et numérique et le traitement du signal. Le candidat retenu sera probablement issu d'un parcours M2 spécialisé dans l'une de ces disciplines, et sera par conséquent fortement accompagné dans les autres. A l'issue de cette thèse, l'étudiant aura acquis une grande expertise dans l'ensemble de ces thématiques, aussi bien théorique qu'expérimental.</p>
<p>Compétences acquises à l'issue de la thèse</p>	<p>Le sujet traité dans cette thèse de doctorat est transverse à plusieurs disciplines comme les radiocommunications, l'électronique analogique et numérique et le traitement du signal.</p>

Présentation de l'équipe d'accueil	L'équipe C2SNL se positionne sur l'analyse, la modélisation, la conception et la caractérisation des fonctions actives du frontal RF. L'axe Systèmes RF regroupe une cinquantaine de chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs du Pôle Electronique, répartis en 4 équipes de recherche. Les activités de recherche menées dans l'axe, concernent généralement les composants, les circuits et les systèmes dans le domaine des radio-fréquences, de quelques centaines de MHz à la centaine de GHz, et sont appliquées à la conception de nouveaux équipements pour les communications sans-fil, la détection et la localisation, dans le domaine des TIC, de la sécurité, de la défense et de l'espace.
Modalités de financement (bourse, organsime, industriel,... acquis, non acquis)	Financement CIFRE avec l'entreprise Safran Data Systems – Colombelles. Acquis. Salaire brut : 36660€/an
Compétences souhaitées pour les candidats	Compétences scientifiques souhaitées : Bonne maîtrise des chaînes de communications RF Maîtrise des principaux instruments de mesures RF Connaissances des principes fondamentaux de la programmation procédurale et objet, et apte à apprendre de nouveaux langages comme python, Matlab, ADS, ... Des compétences ou une appétence pour la programmation de composants FPGA ou pour les systèmes embarqués seraient un atout majeur pour le candidat. Qualités recherchées chez le doctorant :Sérieux, curieux, autonome, persévérant et apte à travailler en équipe.
contact pour les candidatures	<a href="mailto:smail.bachir@univ-poitiers.fr">smail.bachir@univ-poitiers.fr</a>