



## Campagne 2009

### Fiche descriptive de la thèse

#### Encadrant Orange Labs:

Ahmed Zeddami et Pascal Pagani

#### Adresse électronique de l'encadrant :

[ahmed.zeddami@orange-ftgroup.com](mailto:ahmed.zeddami@orange-ftgroup.com)

[pascal.pagani@orange-ftgroup.com](mailto:pascal.pagani@orange-ftgroup.com)

#### Site:

Lannion

#### Sujet de la thèse (Titre):

Etude du rayonnement électromagnétique en environnement domestique: caractérisation, modélisation et méthodes de mitigation

#### Contexte global de l'étude et état de l'art

Avec l'explosion des services offerts dans le réseau local domestique, comme les services de téléphonie, IPTV et le transfert de données à haut débit, les systèmes de transmission numériques prennent une place de plus en plus importante au domicile. Dans le domaine filaire, les données sont aujourd'hui transmises sur tout type de câbles, qu'il s'agisse du réseau électrique (Courant Porteur en Ligne), de la paire téléphonique ou du câble coaxial. Dans le domaine de la radio, les systèmes WiFi à 2,4 GHz et 5 GHz sont complétés par des systèmes à plus courte portée, comme l'UWB ou le 60 GHz. Tous ces systèmes constituent des sources de rayonnement et contribuent à l'augmentation du bruit électromagnétique. A ces systèmes présents en environnement domestique et généralement installés par le résident, il faut ajouter les sources de rayonnement non intentionnelles, comme les fours à micro-ondes, et les émissions provenant de l'extérieur des bâtiments, comme la radiodiffusion et les réseaux cellulaires. La description et la mesure d'un certain nombre de ces sources de bruit a été démarrée dans une thèse réalisée à Orange Labs. Ces travaux montrent que l'accumulation de ces sources de bruit conduit à une forte augmentation du niveau de rayonnement observé à certaines fréquences, ce qui peut nuire au bon fonctionnement des systèmes de communication. Avec l'évolution du marché des systèmes de transmission pour l'environnement domestique, on peut s'attendre à ce que cette problématique de rayonnement s'aggrave dans les années à venir et soulève des problèmes techniques de compatibilité électromagnétique, ainsi que des questions de société liées à la santé publique. Cependant, il n'existe pas encore de modèle simple et précis du niveau de rayonnement électromagnétique généré en environnement domestique par chacune des sources potentielles de bruit, ni du résultat de l'accumulation de ces sources. Un travail de recherche expérimentale et analytique est donc nécessaire afin d'obtenir une meilleure cartographie du niveau de rayonnement électromagnétique dans des résidences typiques.

#### Objectifs de la thèse/ Résultats attendus/ Défis scientifiques/techniques à relever.

L'objectif de la thèse est de développer les modèles permettant une cartographie du rayonnement électromagnétique dans l'habitat. Pour cela, il convient de caractériser et de modéliser le rayonnement généré par les différentes sources de bruit, intentionnelles ou non intentionnelles, puis de proposer des modèles d'agrégation de ces sources dans les bandes de fréquences considérées.

Dans un second temps, et pour les systèmes rayonnant de façon non intentionnelle, on cherchera à proposer des solutions pour minimiser le rayonnement indésirable. Une application typique est la transmission filaire sur câble non blindé (câble électrique et téléphonique), où des solutions pourront être proposées dans le domaine analogique ou numérique.

#### Approche méthodologique proposée par le responsable technique

Ce travail se basera sur les premiers résultats dans ce domaine, obtenus lors d'une thèse précédente réalisée à Orange Labs. Dans un premier temps, on cherchera à identifier et classer les sources de rayonnement dans les bandes considérées. Chaque phénomène de rayonnement sera ensuite étudié, pour permettre une modélisation mathématique simple. Cette étude se fera d'abord de façon théorique, en

validant ensuite les résultats par des simulations numériques (logiciels RESLINE et CRIPTÉ), et par des mesures expérimentales. Par la suite, un modèle d'agrégation des phénomènes de rayonnement sera construit.

Dans ce travail, les bandes de fréquences visées devront être identifiées, en priorisant les efforts sur les bandes les plus problématiques en termes de contraintes CEM et d'interférence possible. A ce stade, deux bandes sont proposées: la bande basse du spectre (0-500 MHz) pour les communications filaires sera étudiée en priorité, et la bande ISM à 2.4 GHz (systèmes WiFi, fours à micro-ondes, ...) pourra être analysée dans un second temps suivant l'avancement de la thèse. Les bandes étudiées pourront être revues suite à une première étude bibliographique.

Dans la deuxième partie de la thèse, on pourra se concentrer sur la bande basse pour définir des moyens de réduction du rayonnement non intentionnel, en s'appuyant sur la compréhension des phénomènes physiques de rayonnement. On s'intéressera, en particulier dans cette bande, à l'étude de la coexistence des systèmes de transmission VDSL2 et PLC qui utilisent des bandes de fréquences communes.

Les compétences recherchées:

- Excellentes compétences requises en électromagnétisme, traitement du signal, et statistique.
- Capacité de mettre au point et conduire des expérimentations pour la validation des modèles proposés
- Bonnes connaissances en communications numériques
- Maîtrise de la programmation informatique (logiciels de simulation en électromagnétisme, Matlab)
- Connaissance de un ou plusieurs systèmes considérés (PLC, WiFi)

Le candidat devra par ailleurs:

- avoir un bon niveau d'anglais, nécessaire à un travail de recherche mené dans un contexte international,
- avoir de réelles aptitudes au travail en équipe, locale et distante, au sein de la même entreprise mais aussi dans un environnement plus large d'innovation,
- être autonome tout en sachant utiliser la puissance de la structure qui le recrute,
- avoir une capacité de synthèse indispensable à ses travaux de recherche et à leur promotion,
- savoir confronter et communiquer ses résultats, en interne et en externe
- savoir évaluer la portée de ses inventions et les protéger

### **Planning Global du déroulement de la thèse (*grandes lignes*)**

T0 à T0+3mois: Etude bibliographique, priorisation des axes de recherche

T0+3mois à T0+12 mois: Etude expérimentale des différentes sources de bruit, caractérisation et modélisation

T0+12 mois à T0+21 mois: Réalisation de modèles de rayonnement agrégé et validation expérimentale

T0+21 mois à T0+30 mois: Définition de méthodes de mitigation du rayonnement non intentionnel, simulation et validation

T0+30 mois à T0+36 mois: Rédaction du rapport de thèse et soutenance.