


**Etude des performances d'un réseau de capteurs corporels sans fils hybride**  
**Optique / Radio**


JULIEN-VERGONJANNE Anne, anne.julien-vergonjanne@xlim.fr  
Tél : 0555423696  
SAHUGUEDE Stéphanie et AUPETIT-BERTHELEMOT Christelle,  
stephanie.sahuguede@xlim.fr  
Tél : 0555423681

Equipe : ReSYST, LIMOGES

**Mots clés :** Réseaux de capteurs corporels (Body sensor networks, Body Area networks), Communications sans fils (Wireless Communications), Communications optiques sans fils (Optical Wireless Communications) , Infrarouge (Infrared), Communications dans le Visible (VLC), Composants optoélectroniques ( optoelectronic components), Systèmes hybrides radio-optique (Optical /radio Hybrid system), Techniques de coopération (Cooperative communications)

**Résumé de la thèse :**

 La technologie optique sans fils a de nombreux avantages par rapport aux RF. On peut citer l'absence de réglementation aux fréquences optiques dans le spectre visible (Visible Light Communications VLC) et infrarouge (IR), une grande bande passante, des composants optiques moins chers. De plus, dans le cas d'applications médicales l'optique sans fils permet d'éviter les interférences avec les systèmes électroniques sensibles aux RF. C'est un avantage pouvant être exploité pour établir les liens de communication dans le contexte des réseaux de capteurs corporels (BSN). Profitant des potentialités de cette technologie tout en cherchant à diminuer l'impact électromagnétique en indoor, le projet de recherche de la thèse consiste à étudier un réseau hybride radio et optique de capteurs corporels. L'objectif est d'étudier comment exploiter les avantages de chaque technologie de telle sorte qu'elles se complètent l'une l'autre ou qu'elles coopèrent pour améliorer la fiabilité de la connectivité, améliorer le débit ou l'efficacité énergétique. Un contexte pour une application de monitoring médical sera utilisé pour établir les performances théoriquement et expérimentalement.

 Optical wireless technology has many advantages over radiofrequencies (RF). These include the lack of regulation in the visible spectrum (Visible Light Communications VLC) and infrared (IR), high bandwidth and cheaper optical components. In addition, in the case of medical applications using optical wireless permits avoiding interference with RF sensitive electronic systems. This is an advantage that can be exploited to establish communication links in the context of body sensor networks (BSN). Taking advantage of the potential of this technology while seeking to reduce the electromagnetic impact, the thesis research project is to study a hybrid body sensor network based on radio and optical technologies. The objective is to study how to exploit the advantages of each technology so that they complement each other or cooperate to improve reliability, throughput and energy efficiency. A context for a medical monitoring application will be used to establish performance theoretically and experimentally.

**Objectifs :**

Les objectifs de la thèse comprennent plusieurs volets :

-Approche théorique : simulation et analyse du canal de transmission optique IR, Visible et radio, simulation des configurations des réseaux extra- et inter- BAN hybrides, études des stratégies et algorithmes de sélection et/ou de coopération entre les technologies radio et optique, performances associées.

-Approche pratique par la mise en œuvre de prototypes expérimentaux. L'équipe dispose actuellement d'un démonstrateur de liaison extra-BAN en IR pour une application de monitoring médical sur lequel on pourra s'appuyer pour étudier l'extra-BAN hybride.

Une autre option sera de développer un banc de test utilisant des périphériques USRP (Universal Software Radio) comme interfaces programmables entre un PC et les émetteurs/récepteurs optiques et radio, afin de tester les stratégies étudiées théoriquement.

### **Description complète du sujet de thèse :**

Un réseau de capteurs corporels (BAN Body Area Network) comprend plusieurs capteurs ou noeuds positionnés sur (ou dans) le corps ou dans l'environnement proche du porteur (murs, plafonds, table, dispositif portable, ...). Les informations issues des capteurs sont recueillies par un nœud de collecte (ou station de base) pouvant être porté ou non. Les données sont analysées et une voie de retour est généralement prévue pour permettre un échange bidirectionnel d'informations.

Les travaux réalisés dans la littérature sur les BANs montrent que la technologie de communication sans fils dominante est basée sur les radiofréquences (RF), ce qui peut poser un problème de pollution électromagnétique en indoor et contribue à la question des effets des RF sur la santé. Récemment, l'équipe s'est positionnée dans le domaine des BANs médicaux en proposant un nouveau concept de BAN en optique sans fils pour les applications médicales (1). La technologie optique sans fils a de nombreux avantages par rapport aux RF. On peut citer l'absence de réglementation aux fréquences optiques dans le spectre visible (Visible Light Communications VLC) et infrarouge (IR), une grande bande passante, des composants optiques moins chers. De plus, dans le cas d'applications médicales l'optique sans fils permet d'éviter les interférences avec les systèmes électroniques sensibles aux RF.

Les premières études réalisées consistaient à considérer un système avec une voie montante dans le domaine de l'infrarouge et une voie descendante dans le visible, en exploitant les réflexions diffuses dans l'environnement pour permettre une transmission avec mobilité du patient et tenant compte d'obstacles pouvant être présents dans l'environnement. Avec cette technologie, les performances sont cependant limitées en termes de couverture et de mobilité de l'utilisateur, notamment par l'impact des blocages par le corps humain.

Pour profiter des potentialités de l'optique sans fils tout en cherchant à diminuer l'impact électromagnétique en indoor, une solution émergente proposée dans cette thèse consiste à étudier un réseau hybride BAN mettant en œuvre des technologies radio et optique. L'objectif est d'étudier comment exploiter les avantages de chaque technologie de telle sorte qu'elles se complètent l'une l'autre ou qu'elles coopèrent pour améliorer la fiabilité de la connectivité, améliorer le débit ou l'efficacité énergétique. Un contexte pour une application de monitoring médical sera utilisé pour illustrer les performances avec des contraintes plus axées sur la fiabilité, très importante dans ce domaine.

Les réseaux hybrides RF/VLC font l'objet d'études très récentes (2) dans le contexte des réseaux hétérogènes (HeNet) envisagés dans la future norme 5G. Dans ces études, l'optique est utilisée en voix descendante dans le domaine visible et la radio en voix montante.

Dans la thèse, on pourra s'appuyer sur ces premières études pour établir les performances d'un réseau hybride extra-BAN pour la communication entre un nœud porté et une station de base

non portée et placée dans l'infrastructure. En voix montante, on étudiera les performances en utilisant des technologies IR et radio; en voix descendante, celles obtenues en utilisant des technologies VLC et radio.

De plus, on étendra le concept du réseau hybride au cas de l'intra-BAN afin d'étudier la faisabilité de nœuds hybrides portés pour améliorer les performances des communications entre capteurs sur le corps.

(1)Chevalier, L.; Sahuguede, S.; Julien-Vergonjanne, A., "Optical Wireless Links as an Alternative to Radio-Frequency for Medical Body Area Networks," in Selected Areas in Communications, IEEE Journal on , vol.33, no.9, pp.2002-2010, Sept. 2015

(2)Chowdhury, Helal; Ashraf, Ikram; Katz, Marcos, "Energy-Efficient Connectivity in Hybrid Radio-Optical Wireless Systems," in Wireless Communication Systems (ISWCS 2013), Proceedings of the Tenth International Symposium on , vol., no., pp.1-5, 27-30 Aug. 2013

### **Compétences à l'issue de la thèse :**

Le sujet de Thèse permet d'acquérir des compétences multiples à la fois théoriques et pratiques mais également pluridisciplinaires dans les domaines des technologies de l'information et de la communication : techniques de communications sans fils, optique sans fils, simulation numérique de systèmes de communications, systèmes embarqués, réseaux de capteurs.

Compétences transverses : travail en équipe, esprit critique, capacité d'analyse, autonomie, valorisation des résultats.

### **Présentation de l'équipe d'accueil :**

L'équipe ReSYST (Réseaux et Systèmes de Télécommunications) est incluse dans l'axe SRI (Systèmes et Réseaux Intelligents). Elle a pour vocation l'étude et l'optimisation de chaînes de transmissions numériques. Le but est, à partir de la caractérisation d'un canal de propagation optique, filaire ou en espace libre de proposer typiquement des algorithmes de traitement du signal au niveau de l'émetteur et du récepteur (synchronisation, égalisation, codage de canal, techniques d'accès multiple...) pour approcher au mieux la capacité théorique de transmission de ce canal. Ceci sous-entend bien sûr également que l'équipe s'attache à développer également des algorithmes d'allocation de ressources pour maximiser l'efficacité énergétique des systèmes étudiés (contexte des réseaux de capteurs). De plus, pour être le plus réaliste possible, RESYST s'attache à modéliser des environnements perturbés en tenant compte d'un grand nombre de phénomènes physique à chaque fois que cela est possible nos simulations prennent en compte une modélisation fine des composants utilisés dans la chaîne de transmission avec leurs imperfections.

Les applications ont concerné d'abord principalement la couche physique des systèmes de transmission radio-cellulaire et des systèmes de transmission optiques haut débits. Puis, le groupe s'est orienté de plus en plus vers l'étude des couches plus hautes comme la couche MAC (Media Access Control) en tenant compte des protocoles de partage de la ressource canal entre différents utilisateurs. Ceci a permis d'acquérir une compétence reconnue au niveau des systèmes à étalement de spectre et des systèmes de transmission multi-antennes. L'équipe est également bien visible au niveau de la thématique des transports avec une compétence forte au niveau de la modélisation des canaux sélectifs en temps et en fréquence.

De plus, cela fait déjà maintenant quelques années que le groupe est fortement impliqué au niveau du secteur médical avec l'étude de systèmes de transmission optique sans fil pour le suivi des patients à risque et la conception d'interfaces tactiles sous approche sémiotique pour l'autonomie des personnes.

Les perspectives scientifiques concernent notamment l'optimisation des futurs réseaux de distribution d'énergie (smart-grid), l'étude de la convergence optique-radio pour les applications de télésurveillance médicales et l'implémentation de décodeurs de canal de type LDPC pour transmissions optiques hauts-débits.

**Financement :** Lot1: Sujet financé sur crédits institutionnels (sujets fléchés)

**Spécialité de Doctorat :** Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

**Domaine de compétences principal:** Sciences pour l'Ingénieur

**Domaine de compétences secondaire:** Informatique-Electronique

**Candidat :**

**Compétences souhaitées :** Le candidat devra être jeune diplômé, soit titulaire d'un MASTER 2 (ou équivalent), soit titulaire d'un diplôme d'ingénieur dans le domaine de l'EEA (Electronique, Electrotechnique et Automatique). Plus précisément, des connaissances dans les disciplines suivantes seront appréciées : en traitement du signal, systèmes optiques, programmation

Le goût pour l'expérimentation et le développement de prototypes seront des éléments importants d'appréciation.

**Conditions restrictives de candidature :** néant

**Date Limite de candidature :** 4 Juin 2016 - 18h

