

# Proposition de sujet de thèse L3i – 2010

## 1. Titre :

Radar UWB pour la « vision » à travers les murs : extraction et traitement de l'information pour une représentation symbolique de la scène

## 2. Description sommaire :

Le sujet porte sur la mise en œuvre d'un système d'acquisition et de traitement de l'information ULB (Ultra Large Bande) en vue de détecter ou de localiser une cible en mouvement derrière un mur. Ce système sera constitué d'une source UWB omnidirectionnelle et d'un ou plusieurs récepteurs UWB multi-détecteurs, permettant de capter les multiples impulsions réfléchies par la scène. Les signaux obtenus seront dans un premier temps démodulés, resynchronisés et disposés de manière à créer une séquence d'images.

Une phase de restauration d'images sera ensuite implémentée, afin d'extraire l'information spatio-temporelle dans le but de discriminer les objets statiques et dynamiques. Enfin, une reconstruction de la scène, prenant en compte les lois de propagation des signaux UWB, sera développée.

## 3. Encadrants :

Jamal Khamlichi, Michel Ménard

## 4. Description du sujet :

### 4.1 Contexte général, enjeux

La recherche de personnes dans des décombres est l'une des problématiques clefs des opérateurs de la sécurité civile, qui lors de catastrophes naturelles ou actes terroristes doivent intervenir en un temps record pour sauver le maximum de victimes.

Actuellement deux types de dispositifs sont envisageables : les caméras millimétriques qui permettent d'obtenir l'image d'une silhouette humaine (ou animale) derrière un mur (système opérationnel d'ici une dizaine d'année) et les radars centimétriques qui permettent de détecter la présence d'« objets » mobiles. Sachant que dans la plupart des utilisations, l'image réelle de la scène observée n'est pas nécessaire, seules certaines informations pertinentes suffisent : nombre de personnes, position, vitesse de déplacement, etc. C'est dans ce contexte que nous proposons l'étude et le développement de prototypes de radar centimétrique pour la « détection/vision » à travers les murs.

La spécificité de notre système sera de lever des verrous technologiques liés à la perception d'une scène derrière un mur en utilisant les techniques radars (basées sur l'analyse des échos). Ce point fera l'objet d'un travail spécifique pour la détection/discrimination d'objets mobiles et d'objets statiques. Cette classification d'objets (cloison, objets mobiles, objets fixes, ...) permettra de représenter symboliquement la scène observée, en particulier pour faire apparaître les murs et les cloisons, mais aussi les « objets » mobiles.

### 4.2 Positionnement national et international

- En France peu de laboratoire travaillent sur la thématique de recherche de personne dans les décombres (LETI.CEA, ONERA, THALES, XLIM) et les recherches développées sont en général assez confidentielles.
- Au niveau européen deux prototypes sont actuellement développés par des laboratoires situés en Allemagne et au Royaume-Uni.
- Au niveau mondial, une dizaine de laboratoires travaille sur cette thématique. Il existe aujourd'hui deux produits commercialisés, l'un venant des Etats-Unis ([www.TimeDomain.com](http://www.TimeDomain.com)), l'autre d'Israël ([www.camero-tech.com](http://www.camero-tech.com)).
- Tous les systèmes actuels s'attachent essentiellement à détecter la présence d'êtres humains derrière un mur, mais en aucun cas ne s'intéressent à la reconstitution de la scène située derrière le mur. Un des points clefs de ce sujet est de trouver et d'extraire des signatures significatives pour représenter symboliquement l'environnement dans lequel évoluent les personnes détectées.

### 4.3 Objectifs de la thèse

#### 4.3.1 - Description générale

Le sujet porte sur l'étude et le développement d'un système ULB pour la localisation et la détection de cible à travers les murs. Et tout particulièrement sur l'extraction et le traitement des signaux issus du radar afin de les analyser et les interpréter pour une représentation symbolique de la scène.

Le cœur du système s'appuiera sur la technique radio appelée ULB dont le principe est basé sur l'émission d'impulsions très brèves, offrant ainsi une excellente résolution spatiale [1, 2].

Le projet proposé présente de nombreuses innovations :

- Une architecture multi capteur (à diversité spatiale, à balayage électronique,...)
- le traitement adapté des signaux pour acquérir la dimension spatio-temporelle de l'information en un temps relativement court, permettant de détecter et de suivre en temps réels des cibles mobiles
- une reconstruction de la scène à partir de l'information extraite et prenant en compte l'a priori des trajectoires des ondes RADAR simulées par lancer de rayon.

Il couple des domaines scientifiques complémentaires :

- traitement d'antennes pour l'acquisition de l'information ;
- traitement du signal et de l'image pour les corrections et l'extraction de l'information ;
- reconnaissance des formes pour l'interprétation des objets de la scène ;
- synthèse d'images pour la reconstruction de la scène et l'animation des cibles mobiles.

Il intègre des technologies « hardware » avec des approches « perceptives », de plus haut niveau, pour l'interprétation du contenu des images produites par les dispositifs mis en place.

#### 4.3.2 - Problématiques scientifiques : Identification des verrous

Les trois problématiques scientifiques majeures sont (P1) l'acquisition « brute » spatiotemporelle des échos caractéristiques d'une scène située derrière une cloison ou un mur, (P2) l'extraction de l'information dynamique à partir des séquences d'images bruitées et partiellement désynchronisées, (P3) son traitement associé pour obtenir une information représentatif de la scène se situant derrière le mur. Lever ces trois verrous scientifiques est ambitieux dans le cadre d'une thèse. Aussi, en fonction des compétences du doctorant (et de ses goûts), la thèse pourra porter plus spécialement sur l'une ou l'autre des problématiques.

##### P1. Système d'acquisition multi-capteurs d'échos RADAR de cibles mobiles

Les techniques radars classiques ne permettent pas d'allier résolution spatiale et sensibilité. Seule la technique UWB le permet, mais il n'existe pas à l'heure actuelle de capteur UWB permettant d'acquérir une information spatio-temporelle. Dans des travaux antérieurs nous avons mis au point un prototype mono-capteur à balayage mécanique, qui présente le désavantage d'avoir un temps d'acquisition des « images » trop important pour des objets se déplaçant rapidement. Un des verrous technologique de cette thèse sera de proposer une architecture multi-capteurs (à diversité spatiale, à balayage électronique,...) et son traitement adapté pour acquérir la dimension spatio-temporelle de l'information en un temps relativement court (c.a.d qui permet de détecter et de suivre en temps réels des cibles mobiles).

##### P2. Extraction de l'information dynamique à partir de séquences d'images

L'extraction de l'information spatio-temporelle à partir des échos RADAR nécessite le développement d'une chaîne de traitements d'images bas niveau spécifique. La problématique principale porte sur la détection de la dynamique à partir de séquences d'images bruitées construites sur des signaux modulés et partiellement désynchronisés. La résolution de l'information spatiale dépend également de la directivité de l'antenne émettrice.

Il s'avère donc nécessaire de mettre en œuvre des méthodes :

- de traitements du signal spécifiques aux signaux RADAR (démodulation, détection d'enveloppes, synchronisation par corrélation, filtrage, déconvolution) ;
- de traitement de séquences d'images afin d'extraire l'information statique relative à la scène et l'information dynamique liée à un être vivant se déplaçant dans la scène (segmentation spatio-temporelle, détection et reconnaissance). Les techniques de restauration à base d'équations différentielles partielles semblent indiquer pour les phases de prétraitements. Les techniques récentes de décomposition de séquences d'images en structure statique et dynamique, texture et bruit, devraient s'avérer pertinentes pour la détection de l'enveloppe spatio-temporelle [3, 4]. La résolution de l'information au regard du mouvement à discriminer reste le verrou principal de cette chaîne de traitement. Des algorithmes récemment développés au sein des laboratoires L3i et LMIA et testés sur les premières images acquises apportent déjà un certain nombre de réponses [5].

##### P3. Construction de la scène

Le but ultime étant de construire une image représentative de la scène, un travail spécifique sera mené afin d'extraire et analyser, à partir des échos acquis, les coordonnées cartésiennes de l'ensemble des points de la scène. Puis former, à partir de ce nuage de points, les contours extérieurs de la scène et des objets, pour finalement les reconstruire par des techniques de synthèse d'images. La reconstruction de la scène pourra aussi s'appuyer sur des connaissances a priori grâce à l'utilisation de logiciels de simulation de propagation d'ondes UWB (travaux en collaboration avec le laboratoire SIC dans le cadre de PRIDES)

#### 4.3.3 - Références du domaine

##### Savoir Faire au L3i : travaux antérieurs, contexte de projet, ...

La problématique de vision industrielle en général est un sujet de recherche central dans les activités du laboratoire L3i, ce dernier ayant développé de nombreux prototypes dans des contextes industriels variés.

Le L3i développe depuis 4 ans un prototype d'acquisition « d'image » à travers les murs (Thèses de C. Liébe et X. Zhao) [6, 7, 8]. Mais possède depuis déjà plusieurs années une expertise dans les techniques de traitement d'images et de reconstruction/synthèse qui seront appliquées dans cette thèse. En particulier autour des travaux de M. Ménard sur la texture et les vecteurs de mouvements dans les images et sur les travaux de reconstruction 3D et de synthèse d'image.

Association à un projet en cours (ANR, eureka, européen, ...) le cas échéant.

Création d'entreprise (ANR/OSEO) de type « projet en émergence ».

Une subvention FEDER a été acceptée sur 2 ans

Le projet a été financé par un BQR de l'université

Un projet ANR-09-CSOSG-FURET à été déposé en 2009

Partenariat avec d'autres labos envisagés ?

Une collaboration a démarré déjà depuis 3 ans avec le SIC de Poitiers, dans le cadre de la fédération PRIDES. En particulier sur la mise au point d'un logiciel de simulation d'ondes temporelles ULB et leur propagation en milieu indoor.

Un travail est aussi initié sur les aspects « antennes » des détecteurs UWB avec le laboratoire d'hyperfréquence de Télécom Paris.

#### 4.4 Profil du doctorant

Base solides sur le traitement et l'analyse d'image

Base solides sur le traitement des signaux

Informaticien

#### 4.5 Bibliographie

- [1] P. Pagani , F. Tchoffo Talom , P. Pajusco , B. Uguen "Communications Ultra Large Bande", ed. Hermès 2007
- [2] C. Liébe, A. Gaugue, Jamal Khamlichi, Michel Ménard, J. M. Ogier. "UWB radar : mechanical scanning and signal processing for through-the-wall imaging". Ultrawideband, Short Pulse Electromagnetics vol. 9. Editeur Springer Link, UWBSP9-071, 2009.
- [3] S. Dubois, M. Lugiez, R. Peteri, M. Ménard. "Addition Of Noise To A Color Decomposition Model For Improving Color Texture Extraction. CGIV2008". 4th European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision. June 09-13, Barcelone, Espagne.
- [4] M. Lugiez, S. Dubois, M. Ménard, A. El-Hamidi. "Spatiotemporal Extension Of Color Decomposition Model And Dynamic Color Structure-Texture Extraction". CGIV2008. 4<sup>th</sup> European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision. June 09-13, Barcelone, Espagne.
- [5] A. Histace, C. Cavaro-Menard, V. Courboulay, M. Menard. "Analysis of tagged cardiac MRI sequences". Lecture Notes in Computer Science 3504 (2006) pp. 404-413.
- [6] C. Liébe, A. Gaugue, J. Khamlichi, M. Ménard. "Radar UWB : Vision through a wall". EUROEM 2008 (European Electromagnetic) 2008 Conference, Lausanne July 2008
- [7] C. Liebe, O. Sisma, A.C. Lepage, A. Gaugue, J.M. Ogier, Radar UWB : " « Vision » à travers les murs". JNM (Journée Nationale Microondes) 2007 Toulouse Mai 2007
- [8] C. Liébe, A. Gaugue, X. Zhao, J. Khamlichi, M. Ménard. "A Through Wall UWB RADAR with Mechanical Sweeping System". EuroEM2009, EuRad2009. Rome Italie. Sept. 2009.
- [9] J.F. Aujol, G. Aubert, L. Blanc-Féraud, and A. Chambolle. "Image decomposition into a bounded variation component and an oscillating component". Journal of mathematical Imaging and Vision, 22 (1), January 2005.
- [10] Y. Meyer. "Oscillating patterns in image processing and nonlinear evolution equations". Volume 22 of University Lecture Series. American Mathematical Society, Providence, RI
- [11] A. Gaugue and J.L. Politano, "Overview of current technologies for through-the-wall surveillance". SPIE Vol.5989, (2005), pp. 1h-1-1h-11.