

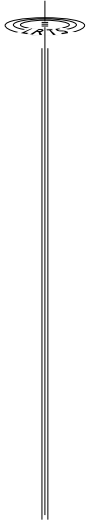
Conception et réalisation d'antennes intelligentes

Dr. Khelifa Hettak, Chercheur Post-doctoral

Dr. Gilles Y. Delisle, Directeur de Recherche

Abstract: Intelligent antennas take advantage of both antenna and propagation technologies. It has the potential to reduce multipath interference, increase signal to noise ratio, and introduce frequency reuse within a confined environment. Several challenges remain however in the development of intelligent antennas and one of these is the availability of efficient radiating elements interfacing with the beam-former. This study was focused on the design of a novel array antennas topologies planning its use as building block for deploying smart antenna systems that could offer range extension, improved immunity to flat fading, interference suppression and Spatial Division Multiple Access. The proposed antenna configurations are able to demonstrate broad bandwidth characteristics, compactness and have been proven to work well in the mm-waves region around a center frequency of 38 GHz. The effectiveness of the single and array antennas have been experimentally confirmed.

Résumé: Les antennes intelligentes utilisent deux technologies, à savoir le traitement du signal et la réalisation d'antennes. Elles ont le potentiel de réduire les interférences inhérentes aux multi-trajets, de rehausser le rapport signal à bruit, et d'introduire la réutilisation de fréquences dans un environnement confiné. Plusieurs défis demeurent cependant dans le développement d'antennes intelligentes et un de ceux-ci est la disponibilité d'éléments rayonnants clés permettant l'interconnexion avec le conformateur de faisceau. Cette étude est focalisée sur la conception de nouvelles topologies d'antennes en vue de son intégration comme élément de base pour le déploiement des systèmes d'antennes intelligentes avec les options telles que l'extension de la couverture, l'amélioration de l'immunité vis à vis des trajets multiples, la suppression d'interférences, et l'Accès Multiple à Répartition Spatiale. Les configurations d'antennes proposées sont aptes à démontrer des caractéristiques telles qu'une largeur de bande importante et un bon fonctionnement tout en étant compactes en ondes millimétriques aux alentours de 38 GHz. La viabilité de ces antennes a été confirmée expérimentalement.



I. INTRODUCTION

De grandes innovations techniques ont marqué par leur importance l'évolution des télécommunications. La numérisation des signaux ainsi que l'introduction des fibres optiques ont été des étapes clef de cette évolution. Si ces technologies sont associées à des concepts comme débit d'information élevé et support pour le multimédia et constituent les grandes artères de communications, les récentes années nous ont montré un intérêt tout particulier des utilisateurs pour des notions comme facilité d'accès ou surtout mobilité. Pour répondre à ces attentes, c'est tout naturellement que les techniques de transmission radio ont pris leur essor pour connecter les utilisateurs professionnels ou particuliers. Ceci favorise l'émergence de nouveaux concepts technologiques dans l'exploitation des fréquences de plus en plus élevées du spectre électromagnétique. De ce fait, la définition des futurs systèmes de radiocommunications et la mise en œuvre des technologies nouvelles associées mobilisent les efforts de nombreux centres de recherche dans le monde et apparaît donc comme une des clefs de la croissance du secteur des télécommunications. Les problèmes sont assez différents de ceux que l'on a l'habitude de traiter puisque le critère " faible coût " doit être pris en compte a priori et constitue une orientation majeure de la recherche. Les défis qui émergent actuellement sont l'augmentation de la capacité des systèmes cellulaires pour répondre aux marchés sans cesse en croissance, le développement de systèmes sans fil large bande pouvant supporter des applications multimédia stratégiques pour les différents opérateurs de télécommunications. L'avènement opportun de la technologie des antennes intelligentes donnera un avantage concurrentiel dont toute l'industrie des télécommunications pourra tirer profit de cette nouvelle technologie [1]- [3].

II. CONCEPT D'ANTENNES INTELLIGENTES

Les antennes intelligentes semblent être une voie prometteuse pour accroître la capacité des systèmes de transmission. L'idée consiste à utiliser la dimension spatiale des capteurs. La figure 1 illustre ce procédé.

II.1 Principe d'opération:

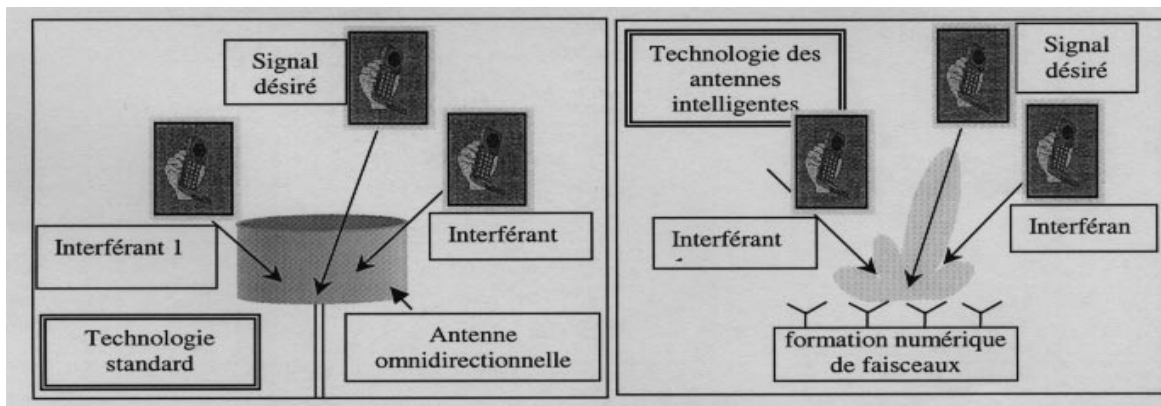


Figure 1: Le principe de base d'opération d'une antenne intelligente

Le principe de fonctionnement peut se résumer aux étapes suivantes :

- 1- La station de base intelligente focalise sur un signal en particulier plutôt de capter les signaux provenant de toutes les directions.
- 2- Former des faisceaux d'énergie orientés vers un usager particulier sans avoir à connaître l'emplacement de cet usager. Cela serait comparable à un dispositif de poursuite, une sorte de signature spatiale. C'est comme doter chaque téléphone cellulaire de sa propre liaison sans fil.
- 3- Il faut moins d'énergie pour focaliser un signal sur 20 degrés qu'il en faut pour l'orienter sur 360 degrés. Cette économie d'énergie prolongerait en outre la durée de vie de la pile.

Donc, en ajoutant un éventail d'antennes et ayant recours à un mode perfectionné de traitement numérique des signaux, on peut créer les antennes intelligentes.

II.2 Impact de la technologie sur l'industrie des télécommunications sans fils

La technologie des antennes intelligentes permettra deux choses :

- 1- L'augmentation du nombre d'utilisateurs que pourra desservir un système cellulaire donné
- 2- L'accroissement de l'éventail des services offerts par le système cellulaire

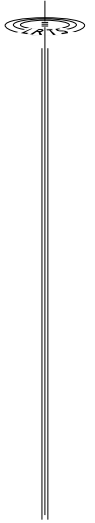
En faisant circuler l'énergie directement entre la station et le téléphone cellulaire de l'utilisateur on produit

- une réduction des bruits ambiants
- une élimination des interférences provenant d'autres utilisateurs et obstacles

Cette amélioration de qualité et l'augmentation du nombre d'utilisateurs et de services sont des atouts pour les futurs systèmes sans fil de troisième génération.

III. AXE DE RECHERCHE

Le domaine d'antennes intelligentes est interdisciplinaire, incluant les outils électromagnétiques, les micro-ondes, la conception d'antennes et le traitement du signal. Autrement dit, l'électromagnétisme est primordial pour développer les communications sans fil et le traitement numérique de signal est capital pour rendre ces communications intelligentes. Les antennes intelligentes sont des systèmes complexes dans lesquels cohabitent des fonctions hyperfréquences, de traitement du signal et d'élément rayonnant. Cependant, il est important



de souligner que c'est l'antenne qui doit assurer au mieux la transmission entre les extrémités, c'est aussi elle qui conditionne la coexistence des systèmes en rayonnant de façon sélective dans l'espace en vue de préserver les autres systèmes du brouillage. De ce fait, les spécifications en vue de la réalisation d'antennes ont singulièrement évolué. C'est dans cette voie qu'on envisage de développer l'activité de recherche qui vise principalement la conception et la réalisation de nouvelles topologies d'antennes pouvant être utilisés comme élément de base pour la nouvelle génération des systèmes de communications sans fils.

III.1 Défi

L'importance stratégique pour les systèmes de communication cellulaires est de disposer de réseaux d'antennes combinés avec un simple système numérique pour la conformation de faisceaux pour le futur essor de la technologie des antennes intelligentes. L'état actuel de la technologie nous permet tout juste de produire des processeurs de signaux numériques pour effectuer le traitement signal. Un volet de développement important est donc l'élaboration de réseaux d'antennes performants et ceci a émergé comme un nouveau défi.

III. 2 Intérêt de recherche

L'antenne réseau, comportant de très nombreux éléments rayonnants, possédant par conséquent un grand nombre de degrés de liberté est l'antenne idéale pour réaliser des couvertures conformées s'adaptant au mieux à la mission demandée. Si le principe de ce type d'antennes n'est pas nouveau, la réalisation ne peut se concevoir que grâce aux progrès réalisés dans la miniaturisation et grâce à une intégration poussée d'éléments actifs. Dans la bande basse des ondes millimétriques, l'intégration de fonctions actives directement sur l'antenne peut apporter des solutions intéressantes pour la conception de ces systèmes de communication.

Un élément clé pour la réalisation du système est le développement d'un réseau antenne RF sur un substrat diélectrique qui est facile à fabriquer et relativement peu coûteuse. En effet, la technologie imprimée présente l'avantage de pouvoir intégrer directement des composants actifs sur le circuit même de l'antenne et d'avoir un faible prix de revient. Elle présente également, au plan mécanique, un encombrement et un poids faibles, une facilité à se conformer à des surfaces courbes et de réalisation aisée. À la lumière de ceci, on étudie la possibilité de concevoir un réseau d'antennes microruban alimentée par couplage électromagnétique qui requiert seulement un substrat. Cette alimentation par couplage électromagnétique permet d'obtenir une plus grande largeur de bande passante et une meilleure isolation entre l'antenne et la structure d'alimentation.

III. 2 Antennes candidates : Antenne microruban excitée par la ligne coplanaire

Cette topologie originale conjugue les avantages d'excitation par couplage électromagnétique et les propriétés intéressantes de la ligne coplanaire [4]- [5]. Cette topologie présente les avantages suivants :

- 1- Une possibilité de dissocier les fonctions propres du circuit d'alimentation et de l'élément rayonnant, obtenant ainsi une meilleure isolation.
- 2- Une augmentation relative de la bande passante obtenue en jouant sur la distance séparant le plan métallique rayonnant et le résonateur fente de couplage.
- 3- La facilité de recherche de l'adaptation en impédance de l'antenne est grandement accrue grâce au nombre conséquent de degré liberté offert.

La structure monocouche de l'antenne microruban est alimentée par une ligne coplanaire et est susceptible de concurrencer directement la structure bicouche de l'antenne microruban alimentée par une ligne microruban qui requiert deux substrats qui sont le siège de l'apparition des ondes de surfaces en ondes millimétriques, se manifestant par une dégradation du bon fonctionnement de l'antenne. La figure 2 met en évidence un exemple de réalisation permettant d'apporter un premier avis sur la viabilité de cette technique de conception.

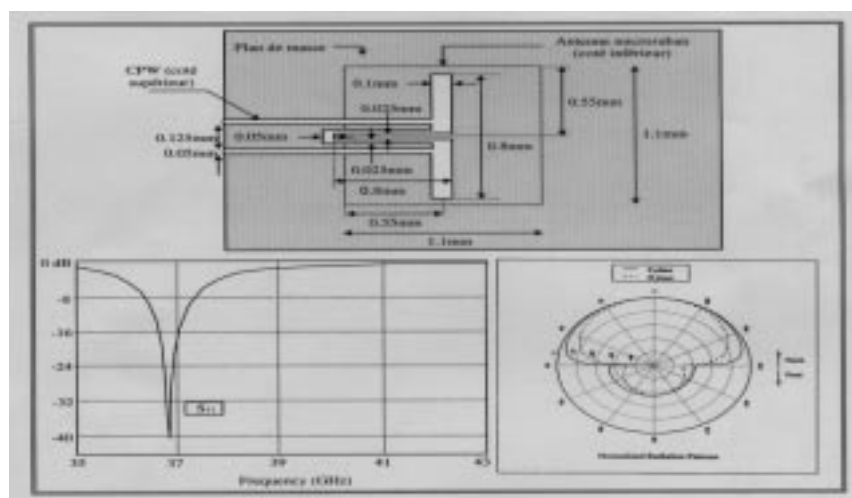
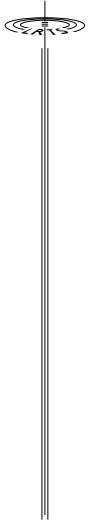


Figure 2 : Résultats expérimentaux d'une variante d'antenne microruban excitée par CPW

Un autre exemple de réalisation d'un réseau d'antennes à deux éléments est illustré à la figure 3. Cependant, la conception optimale d'un tel réseau requiert la prise en compte des considérations suivantes afin que ce réseau soit crédible : pertes ohmiques et rayonnement parasites associés aux arbres d'alimentation, couplage mutuel entre les antennes d'une part et entre les éléments constituant l'arbre d'alimentation d'autre part. Ainsi, il convient de souligner que la



très haute isolation de la technologie uniplanaire permet d'éliminer les effets d'interactions électromagnétiques usuels entre éléments qui se produisent avec les circuits microruban en ondes millimétriques dont les fréquences de travail impliquent des longueurs d'onde qui se réduisent aux dimensions des éléments.

]

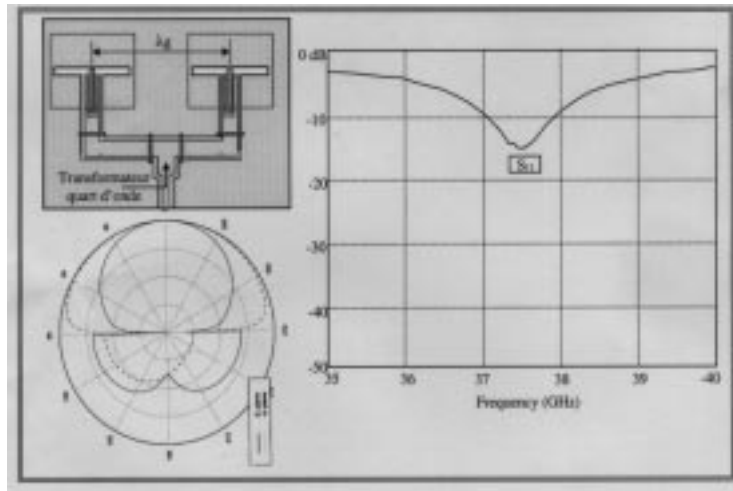


Figure 3: Résultats expérimentaux d'un réseau d'antennes à deux éléments

Bibliographie

- [1] G. Delisle, K.Hettak and G. Lucas Intelligent Antennas for Future Wireless Communications MODERN RADIO SCIENCE to be published by Oxford University Press in 1999
- [2] K. Hettak , G. Y. Delisle, "Millimeter wave mobile access system with smart antenna and radio on fiber", Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM), Ottawa, Canada, August 9, 1998, pp.87-90.
- [3] N. Imai, H. Kawamura, K. Inagaki and Y. karasawa, "Wide-band millimeter wave (Optical-network applications in Japan)", IEEE Trans on Microwaves Theory and Techniques, Vol. 45, Dec. 1997, pp.2197-212207
- [4] W. Menzel and W. Grabher, "A microstrip patch antenna with coplanar feed line", IEEE Microwave Guided Lett., Nov. 1991, pp. 340-342
- [5] K.Hettak, G. Delisle and M. Boulmalf "A novel integrated antenna for millimeter wave personal communications systems IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.46, pp.1757-1758, Nov. 1998