

Contribution à la réalisation d'antennes réseaux aux fréquences millimétriques pour les communications sans fil à l'intérieur des édifices

Simon Damphousse, étudiant 2^e cycle

Michel Lecours, directeur de recherche

Résumé: Des efforts importants sont déployés dans la réalisation de systèmes de radiocommunication personnels d'intérieur à large bande. Le choix des fréquences millimétriques est motivé par plusieurs avantages. Cependant, la dégradation du signal due aux réflexions multiples et à la diffraction à ces fréquences vient contrer ces avantages. Dans le but d'enrayer ces pertes de signal, l'utilisation d'une antenne réseau constitue une approche efficace. Le projet consiste donc à réaliser deux prototypes d'antenne: un premier prototype d'antenne à 29 GHz utilisant des déphaseurs de Faraday et un deuxième utilisant des déphaseurs compacts et économiques à diode PIN.

Abstract: A major effort has been devoted to the goal of achieving broadband indoor wireless communications systems. The use of millimetric frequencies is justified by several advantages. However, degradation of the signal due to multi-path fading and diffraction at those frequencies partially defeats the advantages. To eliminate these effects, the use of a phased array antenna seems to be a good approach. The project consists on making two prototype antennas: the first is built using Faraday phase shifters and the second, using compact and economical PIN diode phase shifters.

Des besoins croissants dans la mise en réseau d'ordinateurs avec des taux de transfert croissants motivent la réalisation de systèmes sans fil à large bande pour l'intérieur. Des efforts importants sont donc déployés dans la mise en oeuvre de systèmes radio pour l'intérieur. Le choix des fréquences millimétriques est motivé par deux avantages: la disponibilité de large bande dans le spectre et la flexibilité conférée par des configurations micro ou pico-cellulaires possibles à ces fréquences. Cependant, la dégradation du signal due aux réflexions multiples et à la diffraction à ces fréquences vient contrer ces avantages. L'utilisation d'une antenne réseau constitue une approche efficace. Dans le cadre de ce projet, la première étape consiste à réaliser un prototype d'antenne réseau adaptative à partir de composants micro-onde standard à 29



GHz. La seconde étape requiert la réalisation de déphaseurs à diode PIN à intégrer dans une antenne réseau à patches.

Le premier prototype d'antenne est un système asservi en puissance. Les paramètres à contrôler sont les phases des éléments d'antenne et la décision de commande est prise sur le niveau de puissance combiné à la sortie. Le diagramme synoptique de l'ensemble est représenté à la *figure 1*. Ce système est fabriqué entièrement en composants discrets. Dans le but de respecter la configuration finale du design, le réseau d'antenne est construit de huit colonnes de quatre patches en technologie microstrip (voir *figure 3*) et la pondération de la phase sur les éléments (colonnes) s'effectue avec des déphaseurs de Faraday en guide d'onde à la fréquence RF.

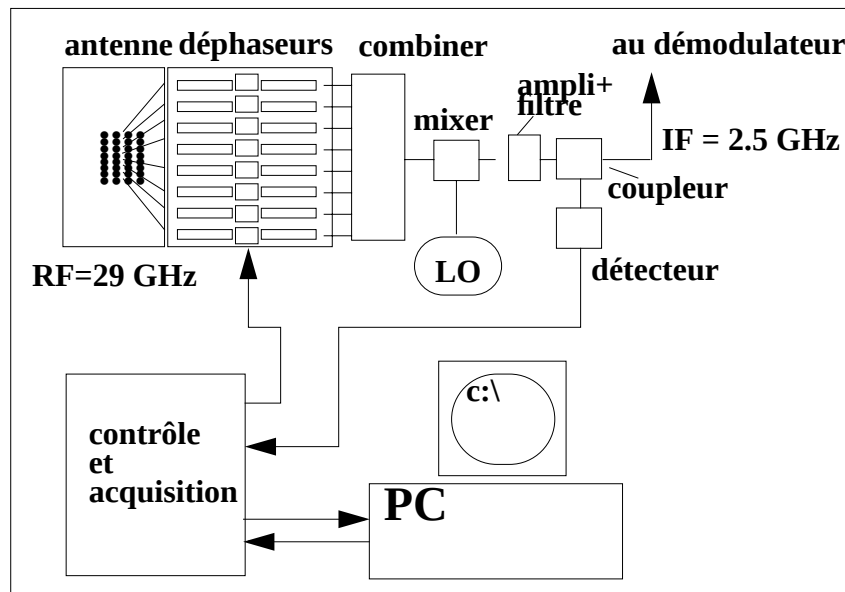


Figure 1 Diagramme synoptique de l'ensemble du système #1.

Les déphaseurs de Faraday sont contrôlés en courant. Pour faire un déphasage complet de 360 degrés, on doit injecter un courant de -0.5 A à +0.5 A. La construction de huit sources de courant rapides contrôlées par ordinateur est donc nécessaire pour le fonctionnement du système. Le produit final des sources est montré à la *figure 2a*. On peut aussi voir les déphaseurs de Faraday montés à la *figure 2b*.

Le programme qui gère l'antenne possède plusieurs modes d'opération. En plus du mode adaptatif standard (recherche d'un maximum de puissance), on peut balayer le faisceau avec le clavier avec une précision de +/- 1 degré, changer la valeur des déphaseurs un à un, faire de l'acquisition de puissance et faire la recherche du maximum de puissance dans treize directions de -30 à +30 degrés. Dans le mode adaptatif, environ 2.5 +/- 0.25 msec. sont nécessaires pour adapter le système en présence d'une source dans un état initial mauvais.

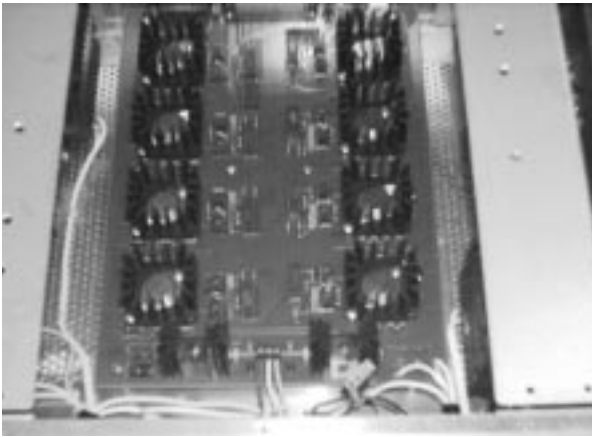
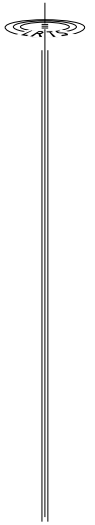


Figure 2 a) Carte du circuit d'acquisition
(À plein régime, la carte dissipe 120 W.).

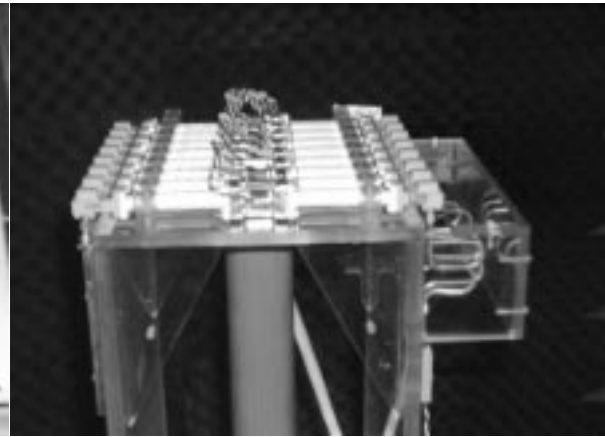


Figure 2 b) Montage des déphaseurs de Faraday.

On a mesuré le gain de l'antenne en utilisant une antenne cornet comme référence. Le gain de l'antenne se situe entre 11 et 11.5 dB. Ceci inclut évidemment les pertes sur le circuit microstrip, les pertes des déphaseurs, les pertes des sommateurs et enfin les pertes des connecteurs. On estime toutes ces pertes à environ 8 dB. On a aussi mesuré des figures de rayonnement de l'antenne dans diverses positions de phase. On retrouve à la *figure 3b* la figure de rayonnement à 0 degré. La *figure 3a* montre l'assemblage de l'antenne microstrip, des déphaseurs et des sommateurs.

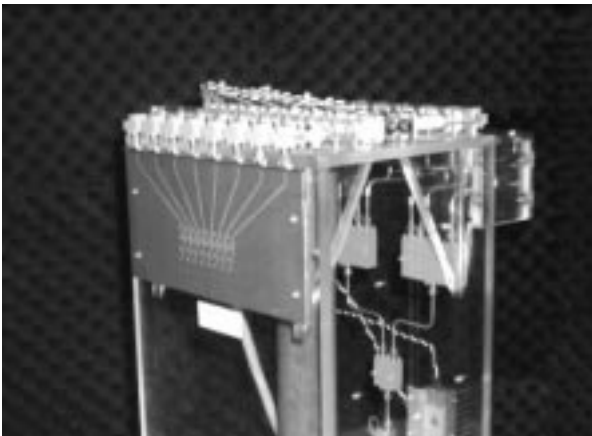


Figure 3 a) Montage de l'antenne.

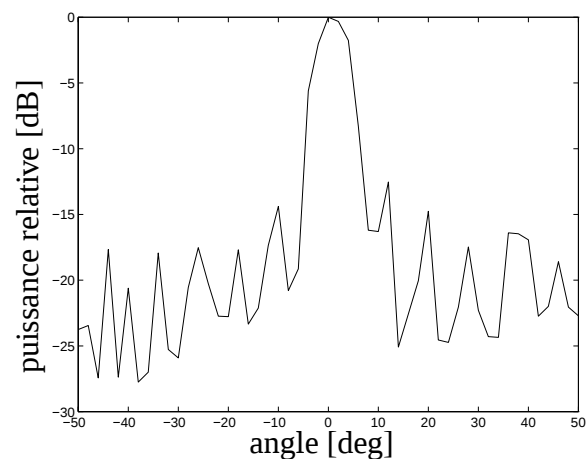
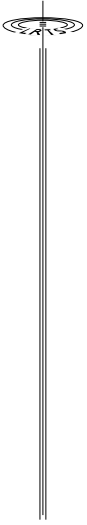


Figure 3 b) Figure de rayonnement avec orientation à 0 degré.



Pour la seconde partie du projet, nous avons établi qu'il était souhaitable de faire la réalisation à deux fréquences distinctes, 9.5 et 29 GHz. La conception en parallèle des circuits à ces deux fréquences et la réalisation du circuit à 9.5 GHz permettra de faire une réalisation plus robuste et performante à 29 GHz. On divisera aussi chacun des éléments de l'antenne réseau en sous circuits. Ainsi, on réalisera séparément un interrupteur, un déphaseur, une antenne et tous les éléments de circuit qu'on croit difficiles à réaliser. On utilise pour la conception des circuits le logiciel de simulation HP-EESOF qui permet la simulation des microstrips et des diodes PIN.