



Titre Thèse	Characterization and Modeling of time-varying Massive MIMO radio channels	
(Co)-Directeur	Davy Gaillot	E-mail : davy.gaillot@univ-lille.fr
(Co)-Directeur	Martine Liénard	E-mail : martine.lienard@univ-lille.fr
(Co)-Encadrant		E-mail :
Laboratoire	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
Equipe	TELICE	Web : http://telice.univ-lille1.fr/
	Contrat Doctoral Etablissement	Lille 1 <input type="checkbox"/> UVHC <input type="checkbox"/> ECL <input type="checkbox"/> ISEN <input type="checkbox"/>
Financement prévu	Président-Région <input type="checkbox"/>	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :
Acquis <input type="checkbox"/>	Président- Autre <input type="checkbox"/> Préciser	DGA – Autre <input checked="" type="checkbox"/> Préciser ISITE
	Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Type	Autre <input type="checkbox"/>

Résumé du sujet :

Contexte

Dans la LTE, le nombre maximum d'antennes au eNodeB (station de base) est fixé par la norme à 8. Dans la configuration MultiUser-MIMO (MU-MIMO), si on souhaite communiquer simultanément dans la même ressource temps-fréquence, avec en théorie 8 UEs, une solution consisterait à précoder l'information transmise par la matrice $(\mathbf{H}^f)^H$ comme le suggère l'exemple illustré Figure dans le cas de 3 antennes. Ce précodage est appelé dans la littérature MRT « Maximum ratio transmission » par analogie avec le Maximum ratio combining (MRC) développé pour la diversité spatiale en réception. Des algorithmes tels que Zero-forcing, MMSE ou l'algorithme à décision douce permettent de réduire les interférences mais au prix d'une complexité de calcul importante et donc d'une augmentation de la consommation de l'UE.

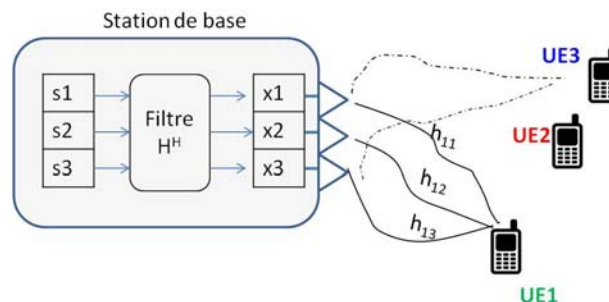


Figure 1: Illustration du codage MRT dans le cas de 3 antennes à l'émission desservant 3 UEs

Actuellement, les recherches portent sur des solutions permettant de réduire non seulement cette consommation des UE mais aussi de pouvoir assurer une augmentation de la capacité du canal d'au moins un facteur 20. Des auteurs ont étudié les possibilités offertes par les réseaux massifs d'antennes pour servir simultanément plusieurs dizaines d'UEs dans la même ressource temps-fréquence. Le terme massif signifie que la taille du réseau peut, en théorie, atteindre une centaine d'antennes. D'autres auteurs ont démontré que dans un environnement riche en trajets multiples, l'utilisation du précodage MRT des données transmises avec la matrice $(\mathbf{H}^f)^H$ rend la matrice équivalente du canal $(\mathbf{H}^f, (\mathbf{H}^f)^H)$ diagonale. Ainsi et sans traitement numérique au niveau des UEs, les interférences multi utilisateurs sont "naturellement" éliminées, le rapport signal sur bruit est maximisé à la réception et les récepteurs peuvent être de faible complexité. Notons que par rapport à un système SISO, les puissances transmises par antenne sont divisées par M_t ce qui permet d'utiliser des amplificateurs de puissance avec un point de compression M_t plus faible. Enfin, pour un réseau de 100 antennes, les efficacités énergétique η et spectrale ζ définies ci-dessous sont respectivement 100 et 10 fois plus élevées que pour un système SISO.

$$\eta = \frac{\textit{Throughput} \left(\frac{\textit{Bit}}{\textit{s}} \right)}{\textit{Puissance consommée} (W)}$$

$$\zeta = \frac{\textit{Throughput} \left(\frac{\textit{Bit}}{\textit{s}} \right)}{\textit{Bande passante} (Hz)}$$

En théorie, le potentiel offert par les Massives MU-MIMO est donc important mais les performances vont dépendre fortement des propriétés de corrélation des canaux de propagation réels en contexte de mobilité.

Problématique

Les modèles de canaux développés pour la LTE et qui ne sont pas encore développés pour la 5G ne tiennent pas compte de la corrélation possible entre les canaux associés aux UEs en mobilité. Il est donc nécessaire de caractériser la durée de vie des clusters vus des UEs et vus du réseau massif d'antennes associé à la station de base, de caractériser la cohérence spatiale, temporelle et fréquentielle des canaux de propagation à partir du calcul de la distance de cohérence, Temps de cohérence et Bande de cohérence. Ce dernier point est important car il conditionne la périodicité d'envoi des signaux de référence permettant l'estimation du canal. Dans le contexte de mobilité, il est fort probable que la richesse en trajets multiples évolue rapidement ce qui est d'autant plus réaliste en milieu urbain. L'hypothèse de diagonalisation de la matrice équivalente du canal pour des réseaux massifs pourrait alors être partiellement invalidée. De plus, les paramètres de cohérence spatiale et fréquentielle sont naturellement dépendants du temps et de la dynamique du scénario de propagation.

Objectifs de la thèse

Les travaux de cette thèse vont s'appuyer sur des mesures de canal radio en statique et/ou mobilité à l'aide d'un sondeur de canal multidimensionnel MIMO qui a été développé conjointement par le groupe TELICE de l'Université de Lille et le groupe WAVES de l'Université de Gand. A l'heure d'aujourd'hui, ce sondeur permet la gestion de 16 sorties et 16 entrées en simultané sur 100 MHz de bande à 1.35 GHz. Le sondeur permet le traitement en temps réel des matrices de transfert qui sont elles mesurées en 200 us. Ce temps d'acquisition d'une matrice doit être suffisamment rapide afin d'avoir une estimation fiable du temps de cohérence en environnement réel. Le sondeur est en cours d'évolution pour commuter entre des blocs ou sous-réseaux d'antennes d'un réseau de 64 antennes pour simuler un réseau massif. Le sondeur est également capable de caractériser les effets doppler liés à la dynamique du canal de propagation.

Les travaux de cette thèse portent sur la caractérisation et la modélisation du canal de propagation MU-MIMO en contexte de mobilité. Dans un premier temps, une étude bibliographique complète des modèles de canal spécifiques à la problématique MU-MIMO sera réalisée. En parallèle de cette étude, la stratégie d'émission permettant d'obtenir un réseau massif sera coordonnée avec les ingénieurs du groupe qui font évoluer le sondeur. Des campagnes de mesure seront ensuite effectuées en laboratoire en statique et milieu réel en statique/mobilité pour valider expérimentalement les solutions retenues. Un premier objectif de cette thèse porterait sur la caractérisation et modélisation statistique de la cohérence spatiale/temporelle/fréquentielle et des propriétés de corrélation des canaux de propagation. Ces métriques permettront d'évaluer le potentiel offert par le MU-MIMO en contexte de mobilité. Cette analyse est préliminaire à l'utilisation d'un estimateur paramétrique à haute résolution qui repose sur l'hypothèse d'une forte corrélation spatiale et fréquentielle entre les éléments du réseau ou d'un sous-réseau. Un tel estimateur est utilisé pour permettre l'extraction des paramètres géométriques du canal à partir des multitrajets spéculaires (temps d'arrivée, angle d'arrivée/départ, doppler, gain complexe) à partir desquels des lois de distribution pourront être déduites. L'objectif final de la thèse est le développement d'un modèle de canal adapté au contexte Massive MU-MIMO.