

Influence de la modélisation d'environnements indoor sur la caractérisation de canaux MIMO

C.Pereira*, Y.Chartois*, Y.Pousset*, R.Vauzelle*

* Université de Poitiers

Laboratoire : SIC (Signal Image Communication)

{pereira, chartois, pousset, vauzelle}@sic.sp2mi.univ-poitiers.fr

29 Mars 2006

Problématique :

simulation :

- finesse de description d'un environnement de propagation ;
- compromis précision/temps de calcul.

littérature :

- influence de la complexité des murs ;
- différence importante entre murs homogènes et hétérogènes.

nos travaux :

- influence de la description géométrique macroscopique ;
- influence de la description électrique.

Problématique :

simulation :

- finesse de description d'un environnement de propagation ;
- compromis précision/temps de calcul.

littérature :

- influence de la complexité des murs ;
- différence importante entre murs homogènes et hétérogènes.

nos travaux :

- influence de la description géométrique macroscopique ;
- influence de la description électrique.

Problématique :

simulation :

- finesse de description d'un environnement de propagation ;
- compromis précision/temps de calcul.

littérature :

- influence de la complexité des murs ;
- différence importante entre murs homogènes et hétérogènes.

nos travaux :

- influence de la description géométrique macroscopique ;
- influence de la description électrique.

Plan

- 1 **Simulation et caractérisation du canal MIMO**
- 2 Description de l'environnement
- 3 Contextes de simulation
- 4 **Résultats**
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 **Conclusions et perspectives**

Plan

- 1 **Simulation et caractérisation du canal MIMO**
- 2 **Description de l'environnement**
- 3 Contextes de simulation
- 4 Résultats
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 Conclusions et perspectives

Plan

- 1 **Simulation et caractérisation du canal MIMO**
- 2 **Description de l'environnement**
- 3 **Contextes de simulation**
- 4 **Résultats**
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 **Conclusions et perspectives**

Plan

- 1 **Simulation et caractérisation du canal MIMO**
- 2 **Description de l'environnement**
- 3 **Contextes de simulation**
- 4 **Résultats**
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 **Conclusions et perspectives**

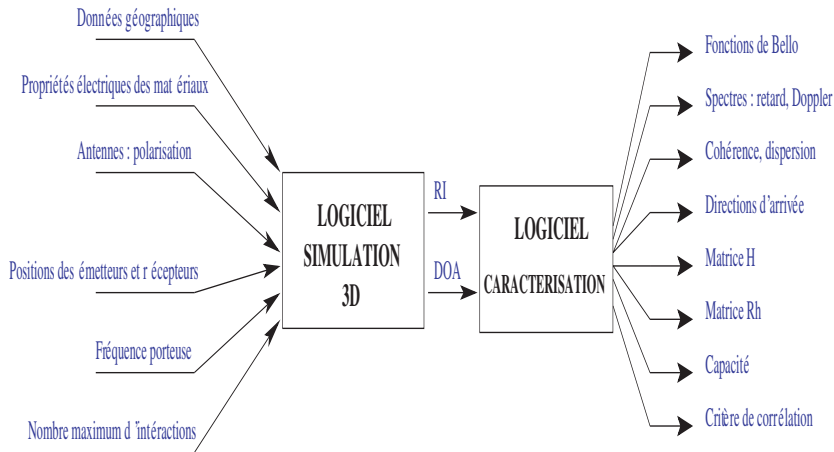
Plan

- 1 **Simulation et caractérisation du canal MIMO**
- 2 **Description de l'environnement**
- 3 **Contextes de simulation**
- 4 **Résultats**
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 **Conclusions et perspectives**

Plan

- 1 **Simulation et caractérisation du canal MIMO**
- 2 Description de l'environnement
- 3 Contextes de simulation
- 4 Résultats
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 Conclusions et perspectives

Simulation et caractérisation du canal MIMO



Le simulateur

Simulation de la propagation des ondes :

calcul déterministe.

Calcul des rayons :

utilisation des méthodes à tracé de rayon 3D optimisées.

Propagation :

Optique géométrique.

Théorie uniforme de la diffraction.

Le simulateur

Simulation de la propagation des ondes :

calcul déterministe.

Calcul des rayons :

utilisation des méthodes à tracé de rayon 3D optimisées.

Propagation :

Optique géométrique.

Théorie uniforme de la diffraction.

Le simulateur

Simulation de la propagation des ondes :

calcul déterministe.

Calcul des rayons :

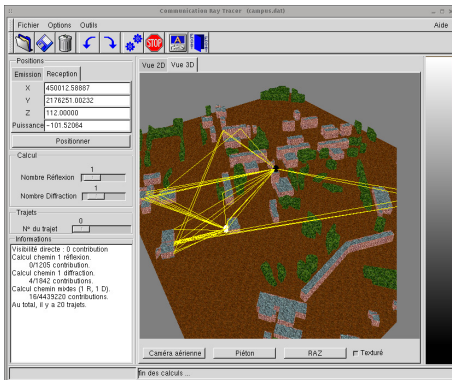
utilisation des méthodes à tracé de rayon 3D optimisées.

Propagation :

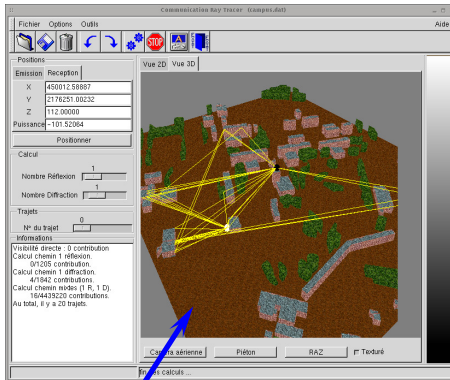
Optique géométrique.

Théorie uniforme de la diffraction.

Le simulateur

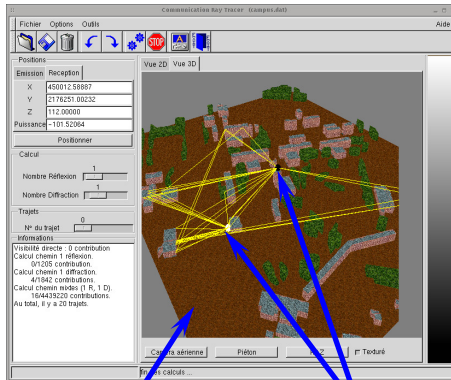


Le simulateur



- Données géographiques
- Propriétés des matériaux

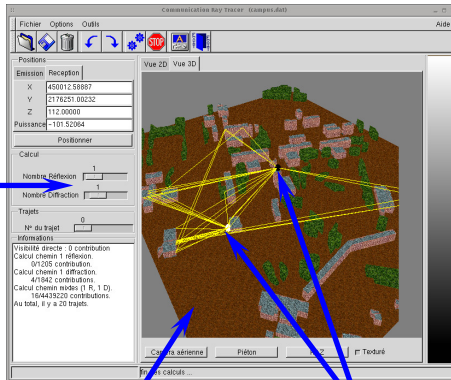
Le simulateur



- Données géographiques
- Propriétés des matériaux
- Positions Emetteur, Récepteur
- Antennes

Le simulateur

Nombre
d'interactions



- Données géographiques
- Propriétés des matériaux
- Positions Emetteur, Recepteur
- Antennes

Le simulateur

Fréquence porteuse

Nombre d'interactions

Données géographiques

Propriétés des matériaux

Positions Emetteur, Recepteur

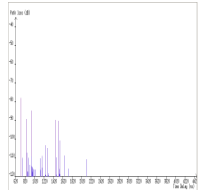
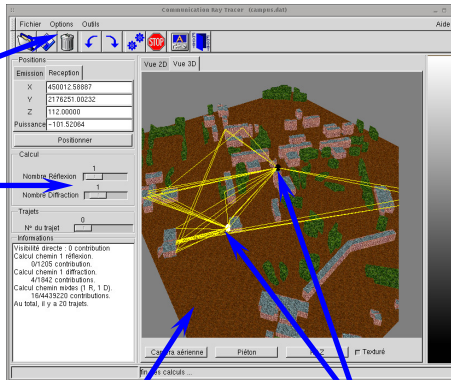
Antennes

- Données géographiques
- Propriétés des matériaux
- Positions Emetteur, Recepteur
- Antennes

Le simulateur

Fréquence porteuse

Nombre d'interactions

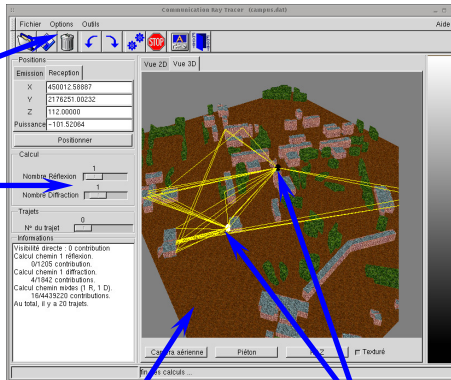


- Données géographiques
- Propriétés des matériaux
- Positions Emetteur, Recepteur
- Antennes

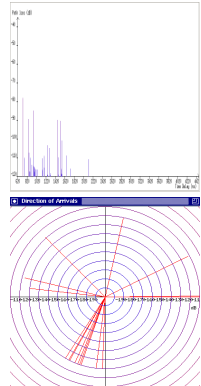
Le simulateur

Fréquence porteuse

Nombre d'interactions



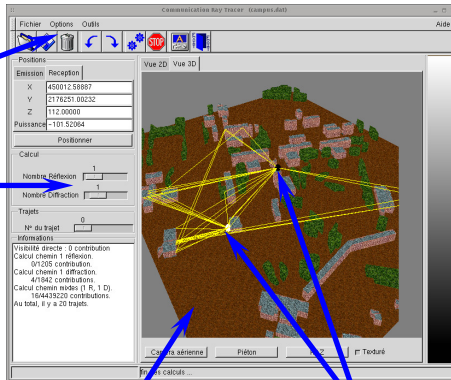
- Données géographiques
- Propriétés des matériaux
- Positions Emetteur, Recepteur
- Antennes



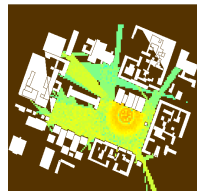
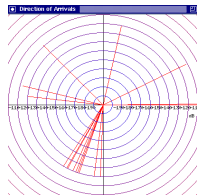
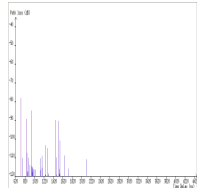
Le simulateur

Fréquence porteuse

Nombre d'interactions



- Données géographiques
- Propriétés des matériaux
- Positions Emetteur, Recepteur
- Antennes

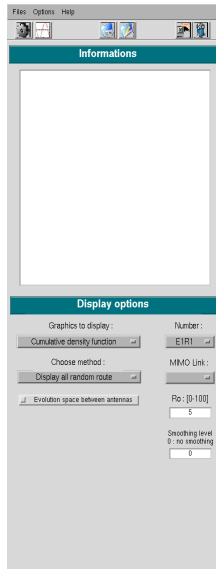


Logiciel de caractérisation

Dispositif expérimental

OU

Simulateur de canal



SISO/MIMO

→ Fonctions caractéristiques de Bello

→ Spectres : retard, Doppler, angulaires

→ Paramètres caractéristiques : dispersion et cohérence

→ Directions d'arrivée

MIMO

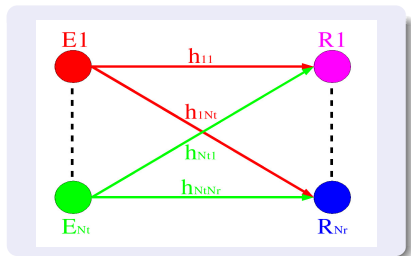
→ Matrice [H]

→ Matrice [Rh]

→ Capacité

→ Critère de corrélation

Simulation et caractérisation du canal MIMO

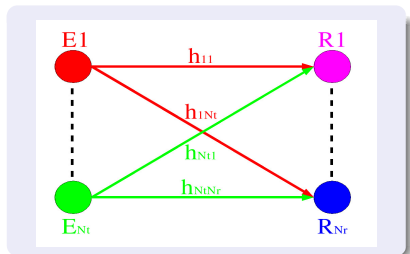


Matrice H_{BE} (Bande étroite
 $N_r * N_t$) :

$$H_{BE} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_t} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_r1} & h_{N_r2} & \cdots & h_{N_rN_t} \end{bmatrix}$$

$$h_{ij} = \sum_{n=1}^N a_n e^{-j\theta_n}$$

Simulation et caractérisation du canal MIMO



Matrice H_{BE} (Bande étroite
 $N_r * N_t$) :

$$H_{BE} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_t} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_r1} & h_{N_r2} & \cdots & h_{N_rN_t} \end{bmatrix}$$

$$h_{ij} = \sum_{n=1}^N a_n e^{-j\theta_n}$$

Corrélation

Matrice de critère de corrélation ($\{N_r * N_t\}^2$) :

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{\text{var}(X).\text{var}(Y)}}$$

Avec X et Y les différentes réalisations de h_{ij} avec $i, j \in [1, N_r; 1, N_t]$.

Capacité *bit/s/Hz*

Capacité ergodique : $N_t \geq N_r$:

$$C = E \left\{ \log_2 \left(\det \left(I_{N_r} + \frac{\rho}{N_t} H_{BE} \cdot H_{BE}^H \right) \right) \right\}$$

Avec ρ le rapport signal à bruit .

Capacité ergodique : $N_r > N_t$:

$$C = E \left\{ \log_2 \left(\det \left(I_{N_r} + \frac{\rho}{N_t} H_{BE}^H \cdot H_{BE} \right) \right) \right\}$$

Capacité *bit/s/Hz*

Capacité ergodique : $N_t \geq N_r$:

$$C = E \left\{ \log_2 \left(\det \left(I_{N_r} + \frac{\rho}{N_t} H_{BE} H_{BE}^H \right) \right) \right\}$$

Avec ρ le rapport signal à bruit .

Capacité ergodique : $N_r > N_t$:

$$C = E \left\{ \log_2 \left(\det \left(I_{N_r} + \frac{\rho}{N_t} H_{BE}^H H_{BE} \right) \right) \right\}$$

Plan

- 1 Simulation et caractérisation du canal MIMO
- 2 Description de l'environnement**
- 3 Contextes de simulation
- 4 Résultats
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 Conclusions et perspectives

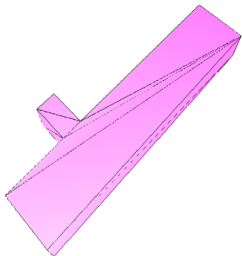
Description de l'environnement

Description :

- géométrie de l'environnement propagation ;
- propriétés électriques des matériaux.

Niveaux de description

Niveau A



géométrie : 2 parallépipède.

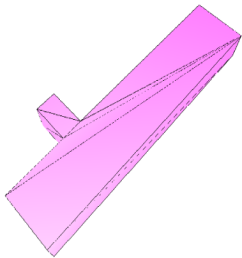
matériaux : uniforme, béton.

Niveau B

Niveau C

Niveaux de description

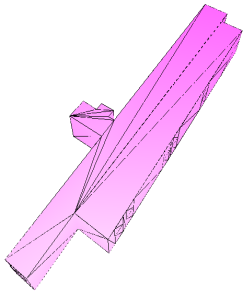
Niveau A



géométrie : 2 parallépipède.

matériaux : uniforme, béton.

Niveau B



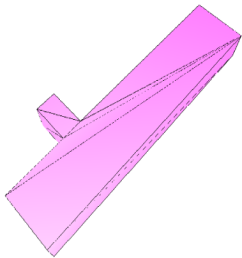
géométrie : intermédiaire.

matériaux : uniforme, béton.

Niveau C

Niveaux de description

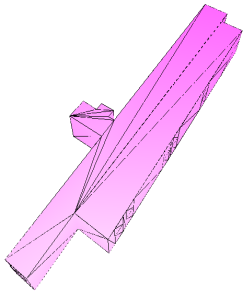
Niveau A



géométrie : 2 parallépipède.

matériaux : uniforme, béton.

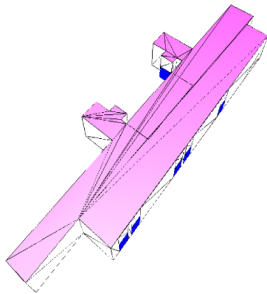
Niveau B



géométrie : intermédiaire.

matériaux : uniforme, béton.

Niveau C



géométrie : complète.

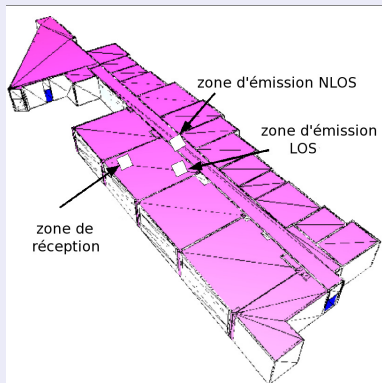
matériaux : complète.

Plan

- 1 Simulation et caractérisation du canal MIMO
- 2 Description de l'environnement
- 3 Contextes de simulation**
- 4 Résultats
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 Conclusions et perspectives

Contextes de simulation :

Couloir



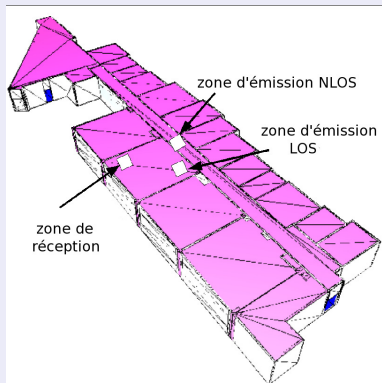
Hall

Zone d'évolution des antennes :

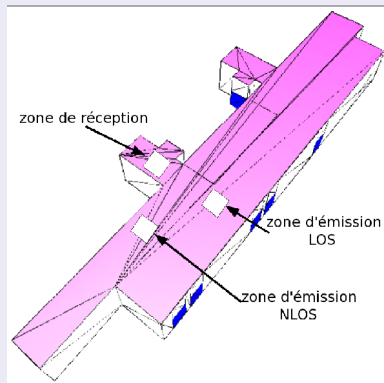
- superficie $1 m^2$;
- visibilité (LOS) et non visibilité (NLOS).

Contextes de simulation :

Couloir



Hall

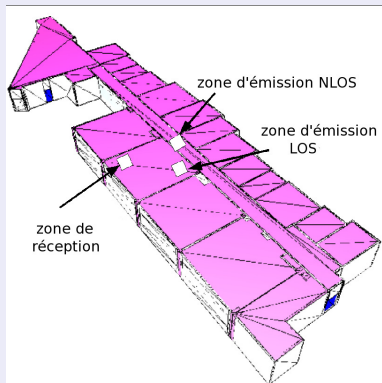


Zone d'évolution des antennes :

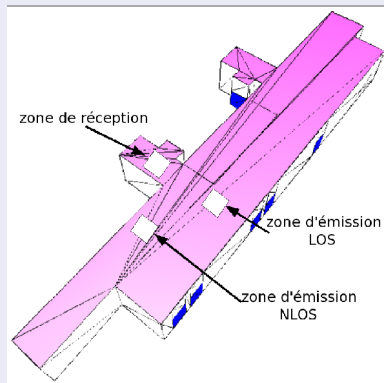
- superficie 1 m^2 ;
- visibilité (LOS) et non visibilité (NLOS).

Contextes de simulation :

Couloir



Hall



Zone d'évolution des antennes :

- superficie 1 m^2 ;
- visibilité (LOS) et non visibilité (NLOS).

Contextes de simulation :

Configuration antennes :

- 1400 antennes placées aléatoirement ;
- polarisation (VV-VV ou VH-HV) ;
- hauteur 1,5 m.

Configuration simulateur :

fréquence porteuse 5,18 GHz (Hyperlan 2), $\lambda = 6\text{cm}$.

Remarque :

Couplage entre antennes.

Contextes de simulation :

Configuration antennes :

- 1400 antennes placées aléatoirement ;
- polarisation (VV-VV ou VH-HV) ;
- hauteur 1,5 m.

Configuration simulateur :

fréquence porteuse 5,18 GHz (Hyperlan 2), $\lambda = 6\text{cm}$.

Remarque :

Couplage entre antennes.

Contextes de simulation :

Configuration antennes :

- 1400 antennes placées aléatoirement ;
- polarisation (VV-VV ou VH-HV) ;
- hauteur 1,5 m.

Configuration simulateur :

fréquence porteuse 5,18 GHz (Hyperlan 2), $\lambda = 6\text{cm}$.

Remarque :

Couplage entre antennes.

Contextes de simulation :

Étude en fonction de l'écartement entre antennes :

- MIMO 2*2 ;
- évolution de $\frac{\lambda}{20}$ à λ .

Étude en fonction du nombre d'antennes :

- espacement fixé à $0,4\lambda$;
- évolution de SISO (1*1) à MIMO 7*7.

Contextes de simulation :

Étude en fonction de l'écartement entre antennes :

- MIMO 2*2 ;
- évolution de $\frac{\lambda}{20}$ à λ .

Étude en fonction du nombre d'antennes :

- espacement fixé à $0,4\lambda$;
- évolution de SISO (1*1) à MIMO 7*7.

Contextes de simulation :

Gain en Capacité :

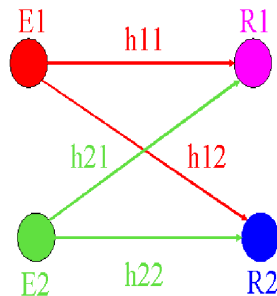
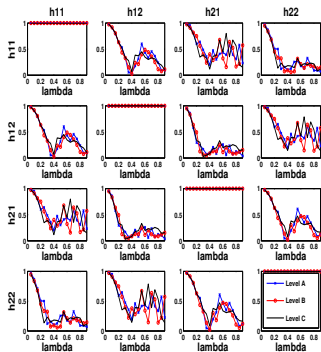
$$G_C = \frac{C_{MIMO}}{E\{C_{SISO}\}}$$

Avec C_{SISO} la capacité d'un lien MIMO dans l'environnement le mieux décrit (Niveau C).

Plan

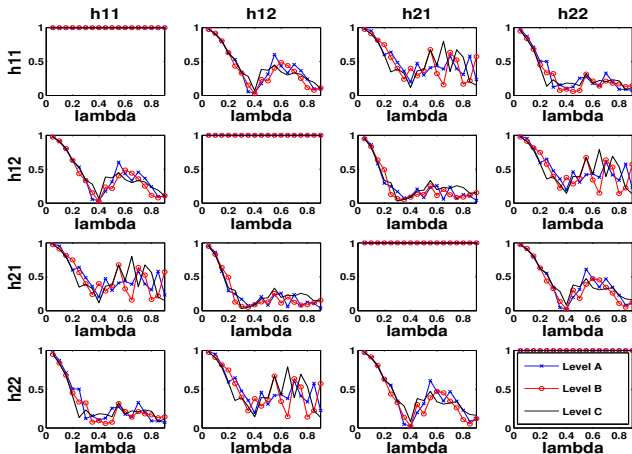
- 1 Simulation et caractérisation du canal MIMO
- 2 Description de l'environnement
- 3 Contextes de simulation
- 4 **Résultats**
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 Conclusions et perspectives

Corrélation : configuration LOS VV-VV



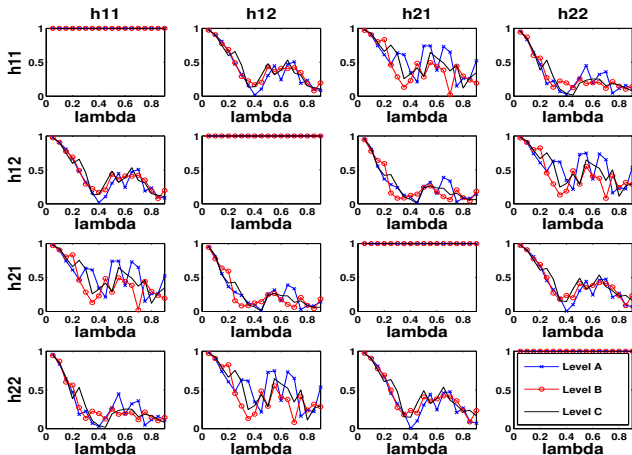
Corrélation : configuration LOS VV-VV

Couloir



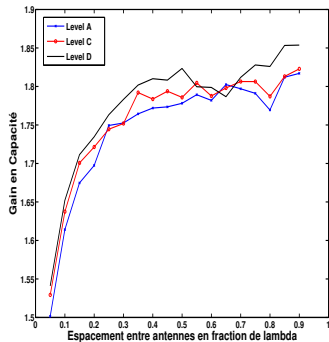
Corrélation : configuration LOS VV-VV

Hall



Gain G_C : configuration LOS VV-VV

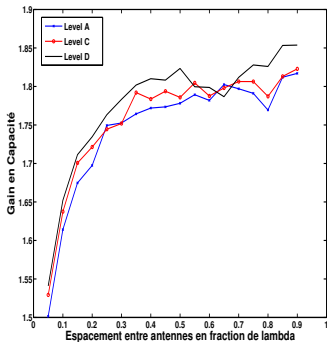
Couloir



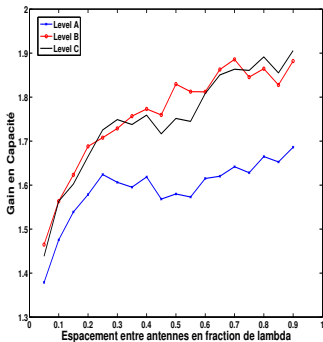
Hall

Gain G_C : configuration LOS VV-VV

Couloir

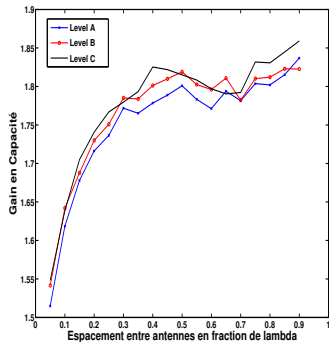


Hall

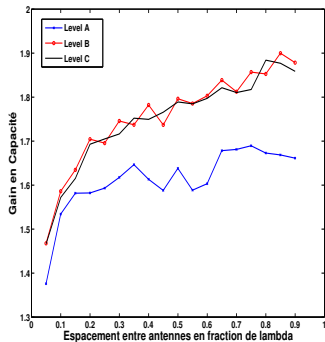


Gain G_C : configuration LOS VH-HV

Couloir

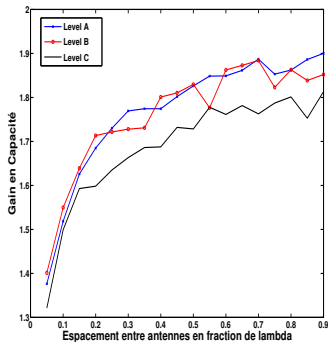


Hall

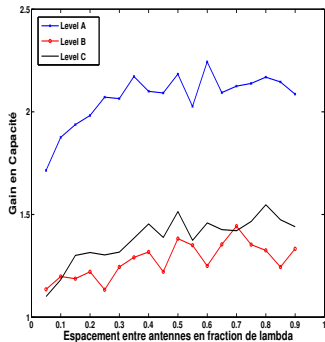


Gain G_C : configuration NLOS VV-VV

Couloir



Hall



Synthèse

description électrique :

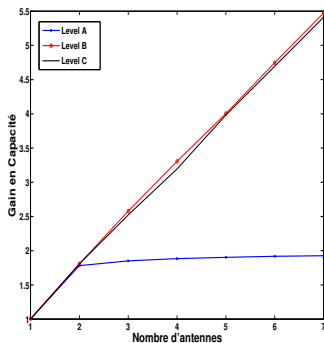
- faible sensibilité ;
- indépendamment de la polarisation des antennes.

description géométrique :

- modification des paramètres caractéristiques pour le niveau A ;
- phénomène amplifié en configuration NLOS.

Gain G_C : configuration LOS VV-VV

Couloir

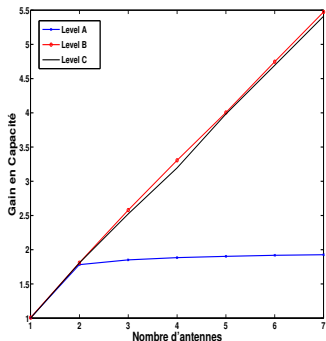


Hall

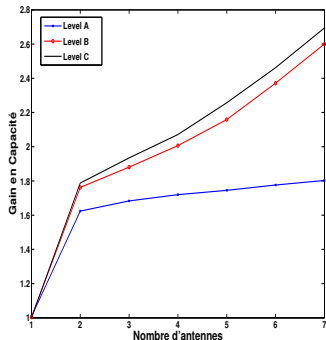
diversité spatial trop faible pour le niveau A

Gain G_C : configuration LOS VV-VV

Couloir



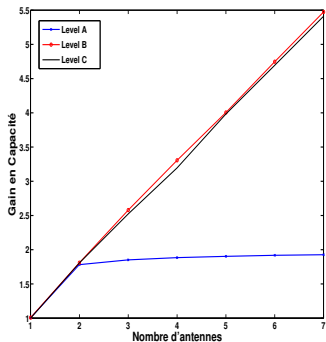
Hall



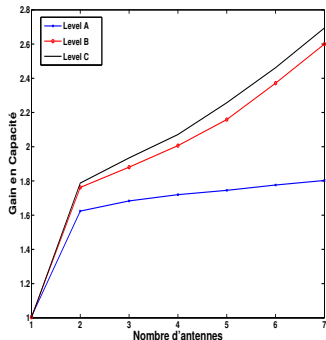
diversité spatiale trop faible pour le niveau A

Gain G_C : configuration LOS VV-VV

Couloir



Hall



diversité spatiale trop faible pour le niveau A

Plan

- 1 Simulation et caractérisation du canal MIMO
- 2 Description de l'environnement
- 3 Contextes de simulation
- 4 Résultats
 - Espacement entre antennes
 - Nombre d'antennes
- 5 Conclusions et perspectives**

Conclusions et perspectives

Résultats généraux :

- quel que soit la polarisation, l'influence du niveau de description reste le même ;
- la configuration NLOS accentue cette influence ;
- compromis précision/temps de calcul pour :
 - propriétés électrique des matériaux uniforme ;
 - un minimum de description géométrique.
- **niveau B suffisant avec un gain en temps de calcul de l'ordre de 2.**

Futur travaux :

- étude plus statistique sur plus d'environnements.

Conclusions et perspectives

Résultats généraux :

- quel que soit la polarisation, l'influence du niveau de description reste le même ;
- la configuration NLOS accentue cette influence ;
- compromis précision/temps de calcul pour :
 - propriétés électrique des matériaux uniforme ;
 - un minimum de description géométrique.
- **niveau B suffisant avec un gain en temps de calcul de l'ordre de 2.**

Futur travaux :

- étude plus statistique sur plus d'environnements.