

Journées scientifiques CNFRS–URSI

*Vers des radiocommunications
reconfigurables et cognitives*

28 et 29 mars 2006

Simulation déterministe du canal de propagation
UWB et Radio Cognitive

B. Uguen, F. Tchoffo Talom, L.-M. Aubert

bernard.uguen@insa-rennes.fr

ftchoffo@insa-rennes.fr, laubert@insa-rennes.fr

UMR
6164

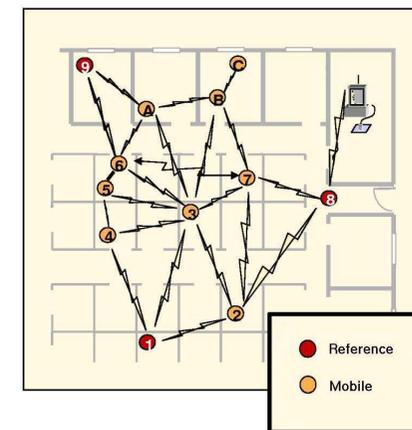
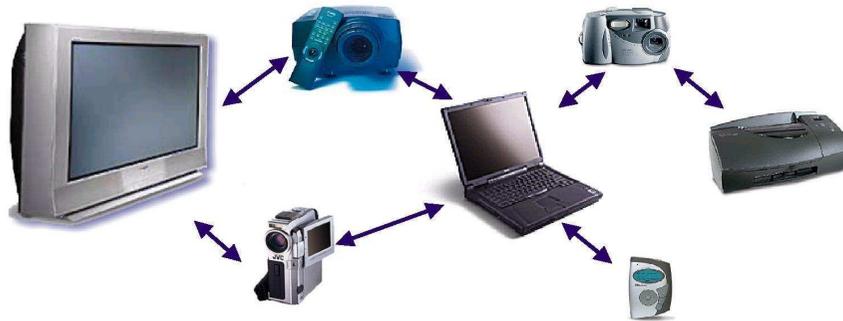


- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- Présentation de l'outil de simulation PULSRAY
- Prise en compte des antennes
- Comparaison avec la mesure en indoor SISO
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO-UWB
- Conclusions et perspectives

- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- Présentation de l'outil de simulation PULSRAY
- Prise en compte des antennes
- Comparaison avec la mesure en indoor SISO
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO–UWB
- Conclusions et perspectives

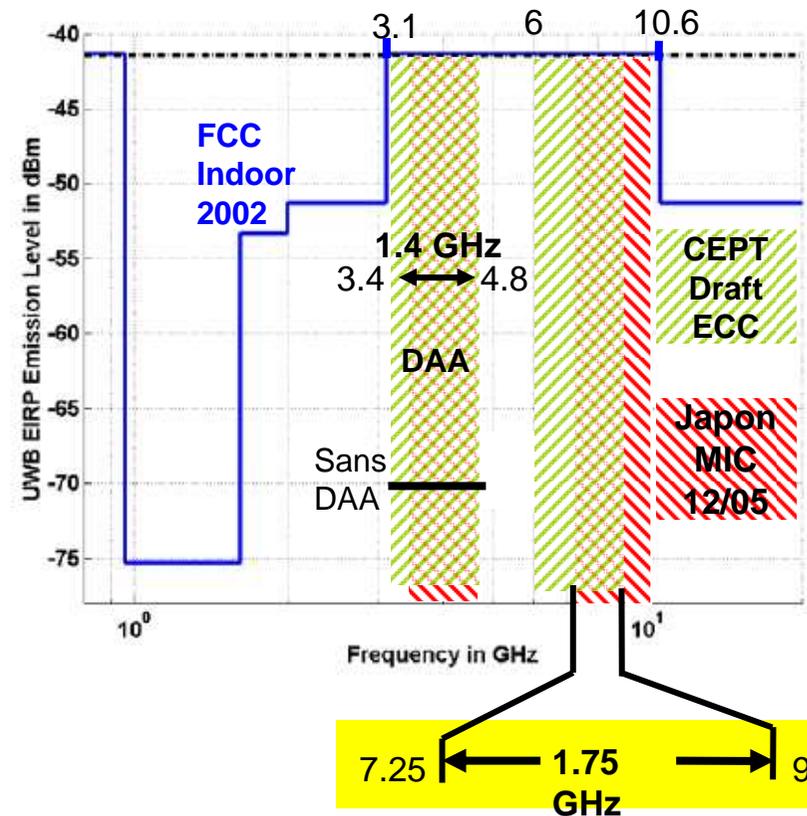
- Systèmes haut débit à courte portée
 - WPAN
 - De 100 Mbit/s @ 10 m à 500 Mbits/s @ 2 m

- Systèmes bas débit avec capacités de localisation
 - Réseaux de capteurs
 - Débits inférieurs à 1 Mbit/s, jusqu'à 100 m



→ Propagation en milieu Indoor

- Assurer la coexistence des systèmes UWB avec les systèmes actuels et futurs
- Réglementation des puissances émises
 - Etats-Unis : FCC (fév. 02)
 - Asie et Europe :
 - Réglementation en cours ou autorisations provisoires
 - Procédure de détection et d'évitement de signaux présents (Detect And Avoid : DAA)



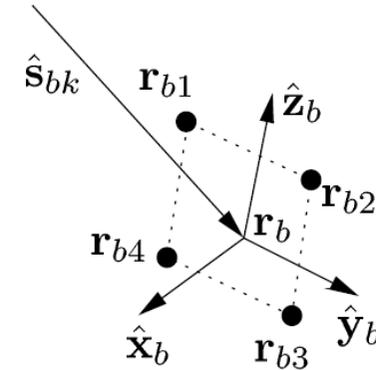
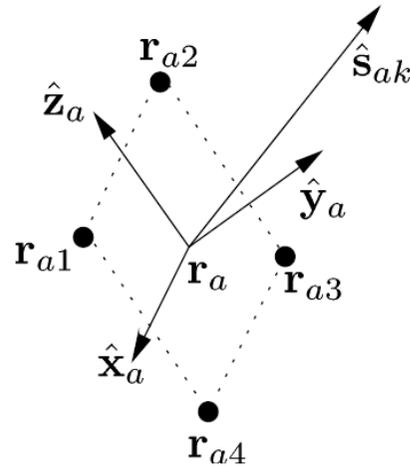
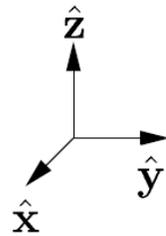
→ Complémentarité entre techniques UWB et Radio Cognitive

- Construire des réalisations de canaux spécifiques à un environnement donné
- Plusieurs études envisagées
 - Effet des antennes
 - Techniques de localisation
 - Diversité spatiale
 - Apport des techniques multi-antennes pour les techniques UWB
 - Caractérisation des directions de départ et d'arrivée
 - Interopérabilité entre systèmes hétérogènes
 - Dimensionnement des puissances
 - Couverture
 - Interférences
 - Techniques de retournement temporel

- Propagation radio approchée par un nombre fini de rayons
 - Interactions principales avec les obstacles séparant le Tx du Rx (murs, portes, fenêtres,...)
 - Diffraction
 - Réflexion
 - Double réfraction
 - Calcul du champ électromagnétique
 - Optique Géométrique
 - Théorie Uniforme de la Diffraction
- Motif de la « grappe » de rayons conditionné par
 - Géométrie de l'environnement
 - Matériaux constituant les obstacles

- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- **Présentation de l'outil de simulation PULSRAY**
- Prise en compte des antennes
- Comparaison avec la mesure en indoor SISO
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO–UWB
- Conclusions et perspectives

a : Tx
 b : Rx
 k : rayon
 l : interaction

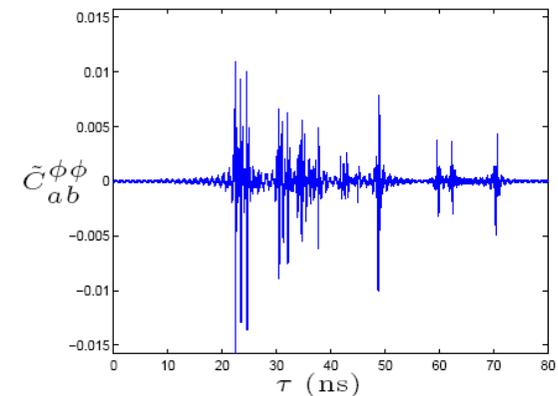
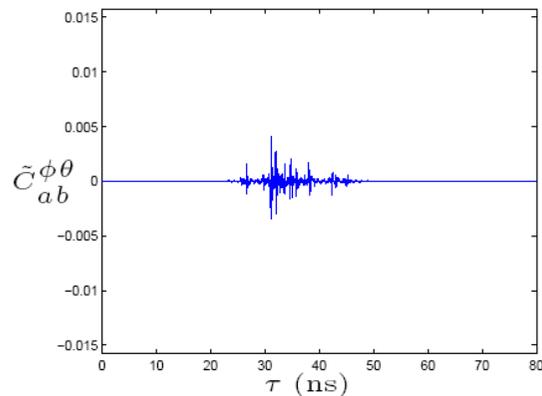
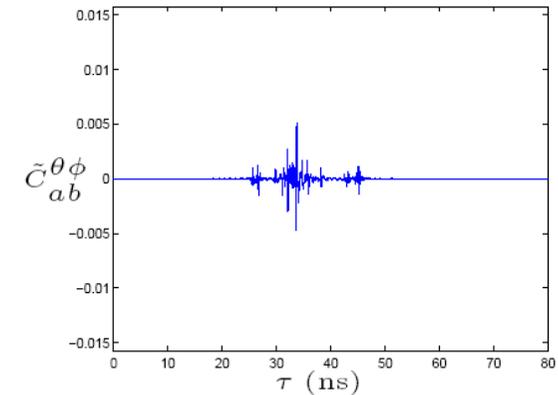
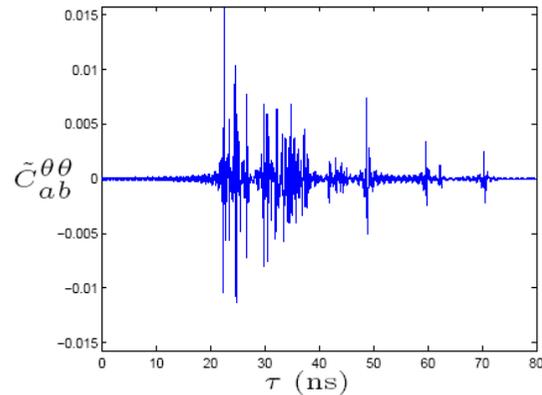
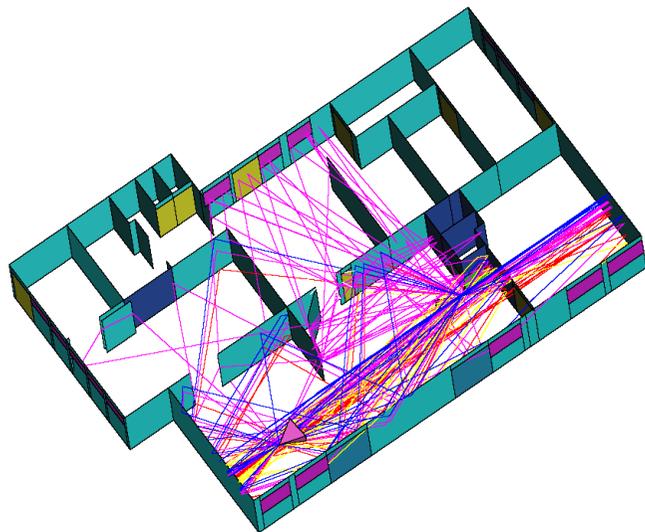


Stocké pour chaque rayon

$$\tilde{\mathbf{C}}_{abk} = \mathbf{B}_{Lk}^o T \mathbf{B}_{bk} \left[\prod_{l=L}^2 \mathbf{A}_{lk} \mathbf{B}_{(l-1)k}^o T \mathbf{B}_{lk}^i \right] \mathbf{A}_{1k} \mathbf{B}_{ak}^T \mathbf{B}_{1k}^i$$

$$\tilde{\mathbf{C}}_{abk}^l = \mathbf{B}_{bk|R_b}^T \mathbf{T}_b^T \mathbf{B}_{bk} \tilde{\mathbf{C}}_{abk} \mathbf{B}_{ak}^T \mathbf{T}_a \mathbf{B}_{ak|R_a}$$

- Ray tracing 3D en indoor



Artifice de représentation du canal **vectoriel** dans le domaine temporel

- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- Présentation de l'outil de simulation PULSRAY
- **Prise en compte des antennes**
- Comparaison avec la mesure en indoor SISO
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO–UWB
- Conclusions et perspectives

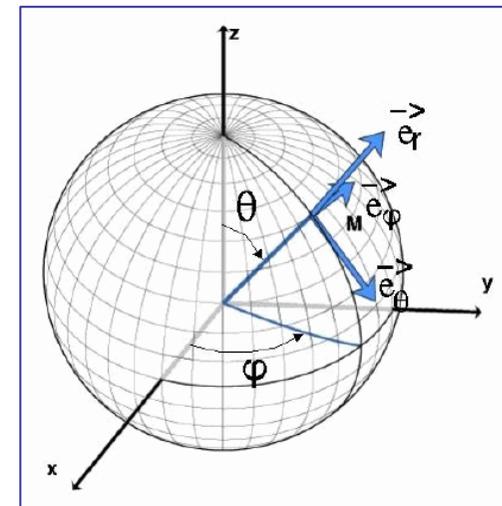
- Description vectorielle du rayonnement des antennes sur la sphère complète
 - Expressions analytiques (quelques antennes simples)
 - Simulations électromagnétiques (HFSS, CST, ...)
 - Caractérisations en base de mesure en champ proche

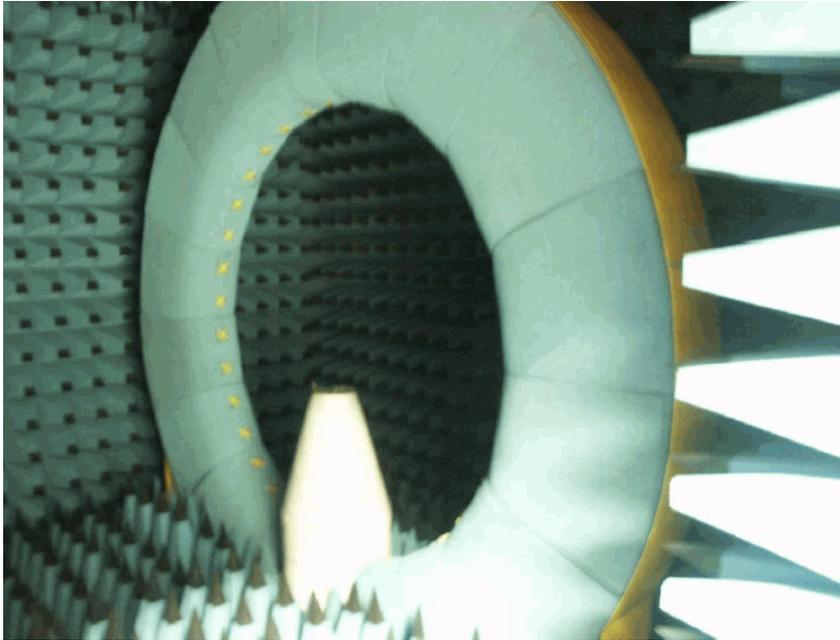
$$\mathbf{F}_{ak}(f) = \sqrt{G_{ak}(f)} \mathbf{U}_{ak}(f)$$

$$\mathbf{F}_{bk}(f) = \sqrt{G_{bk}(f)} \mathbf{U}_{bk}(f)$$

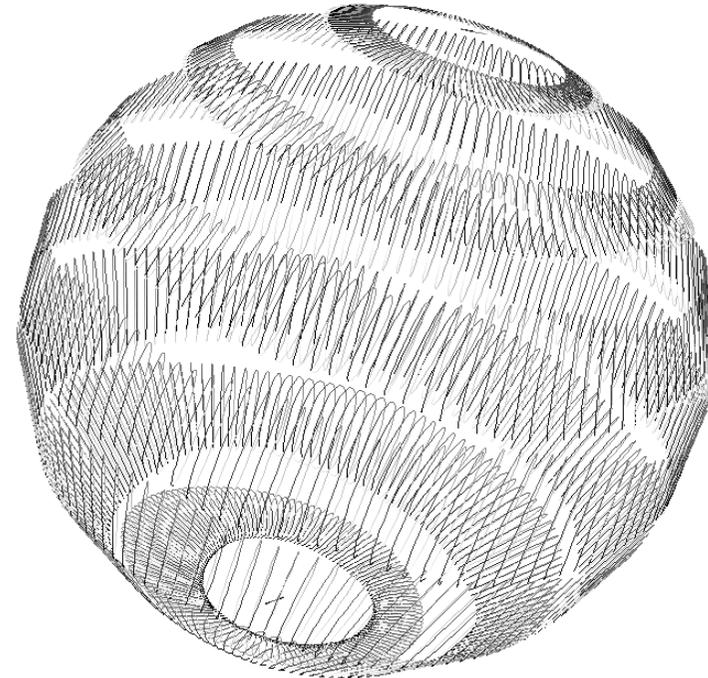
avec

$$|\mathbf{U}_{ak}(f)|^2 = |U_{ak}^{\theta}(f)|^2 + |U_{ak}^{\phi}(f)|^2 = 1$$





Base de mesures en champ
proche de l'IETR :
Satimo Stargate 32 (0.8-6GHz)



Ellipse de polarisation du vecteur
champ électrique en champ
lointain :
Antenne CMA-118A (3GHz)

- Antenne à la réception

$$h_b(f) = -j \frac{c}{f} = -j\lambda$$

- Fonction de transfert scalaire

$$\alpha_{abk}(f) = \mathbf{F}_{bk}^H \tilde{\mathbf{C}}_{abk}^{\ell} \mathbf{F}_{ak}$$

$$\gamma_{ab}(f) = \frac{h_b(f)}{4\pi} (1 - S_b^*(f)) (1 - S_a(f))$$

$$\tilde{H}_{abk}(f) = \gamma_{ab}(f) \alpha_{abk}(f)$$

- Canal SISO

$$H_{ab}(f) = \gamma_{ab}(f) \sum_{k=1}^K \alpha_{abk}(f) e^{-2j\pi f \tau_{abk}}$$

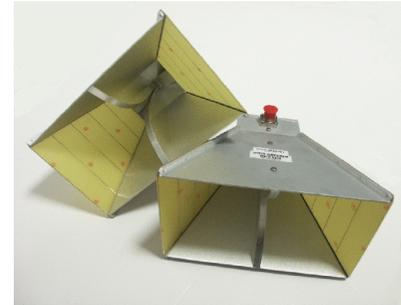
- Réciprocité

$$H_{ba}(f) = H_{ab}^*(f)$$

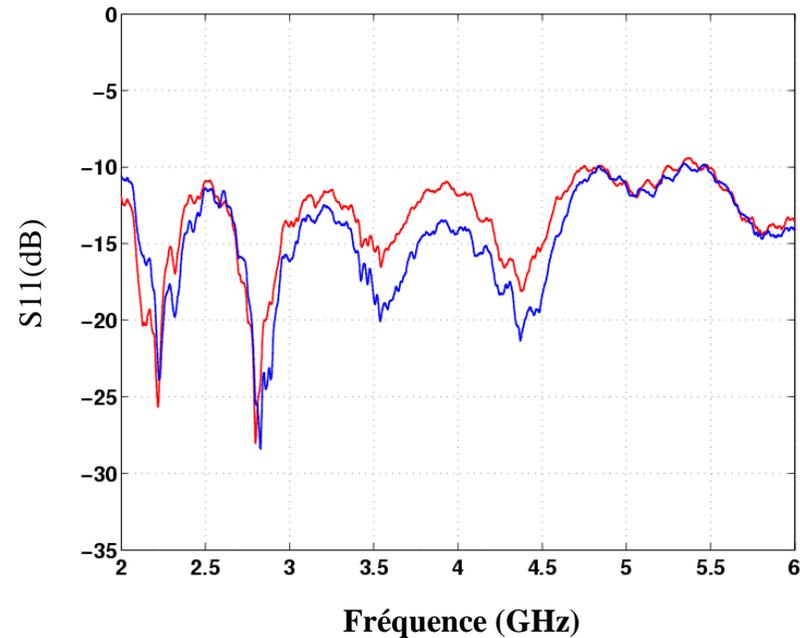
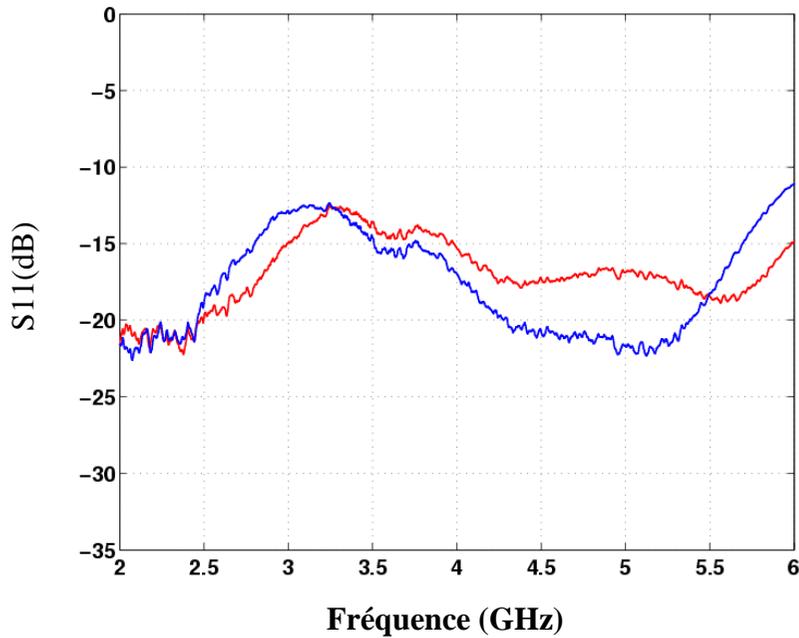
Antennes utilisées pour le sondage de canal



**Conical Monocone Antenna
CMA-118/A
1.0-18 GHz
A.R.A**

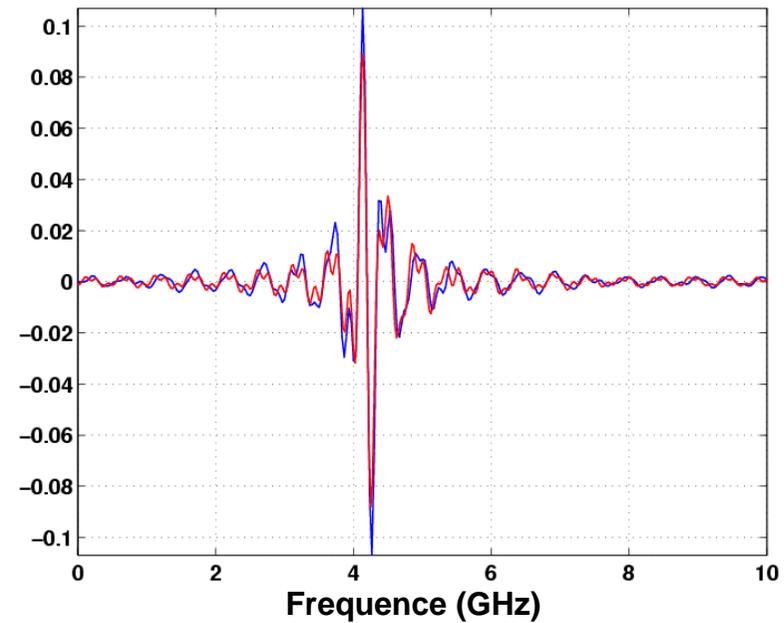
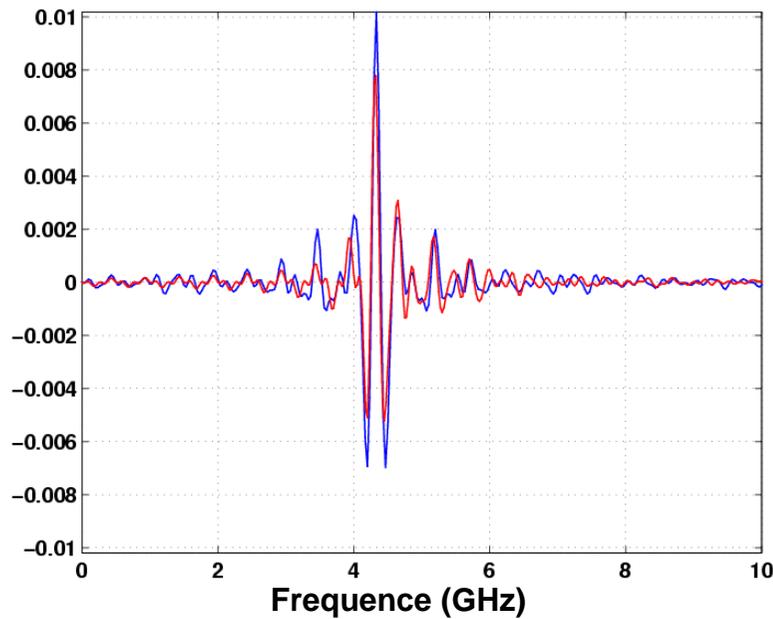
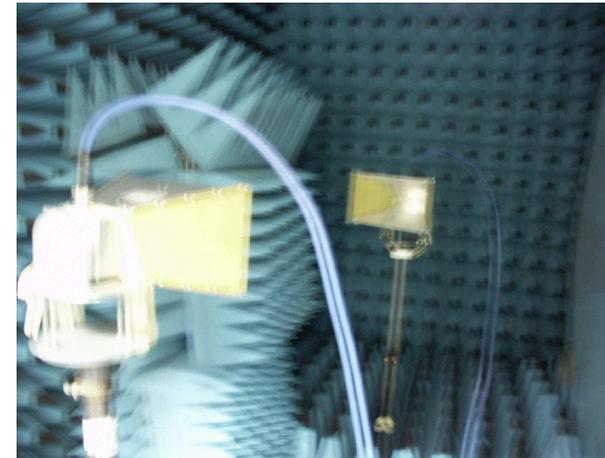
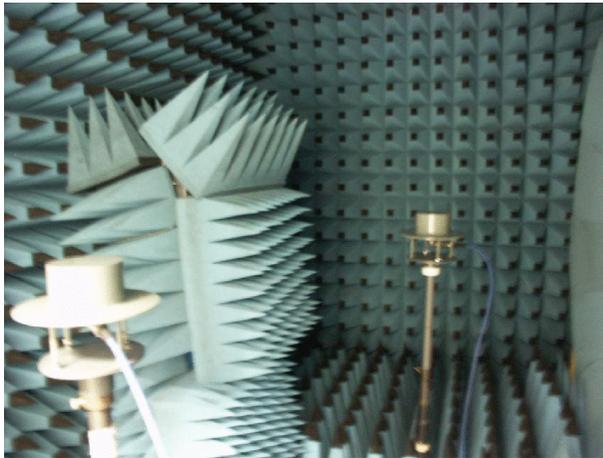


**Cornets large bande
1.0-12 GHz**

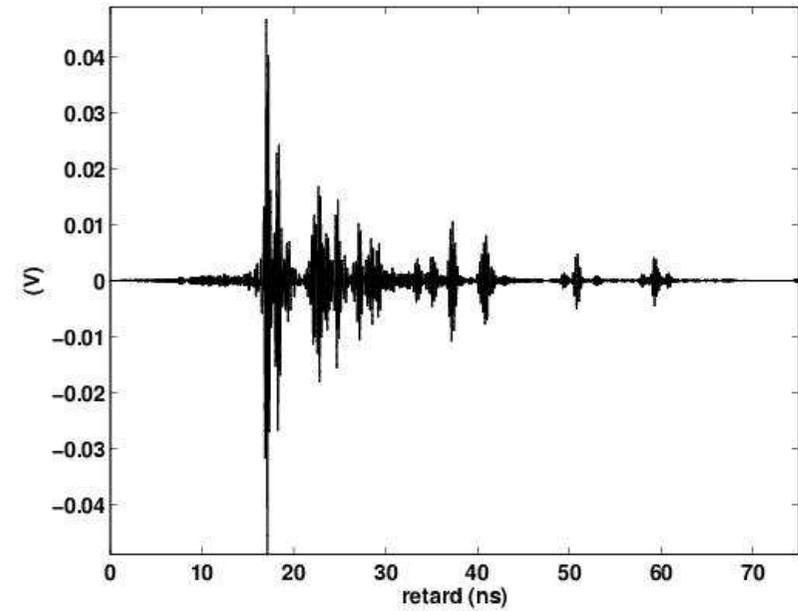
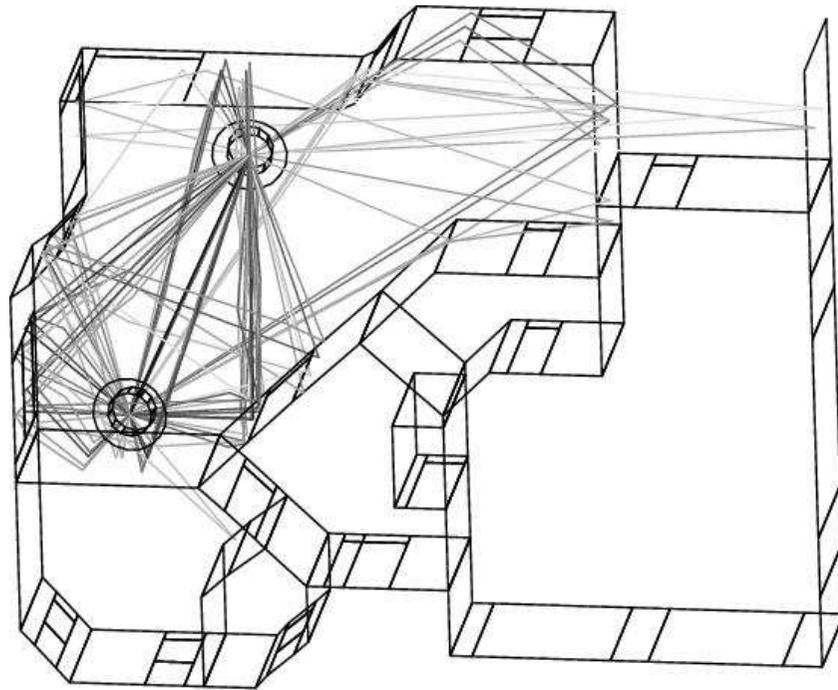


— Tx — Rx

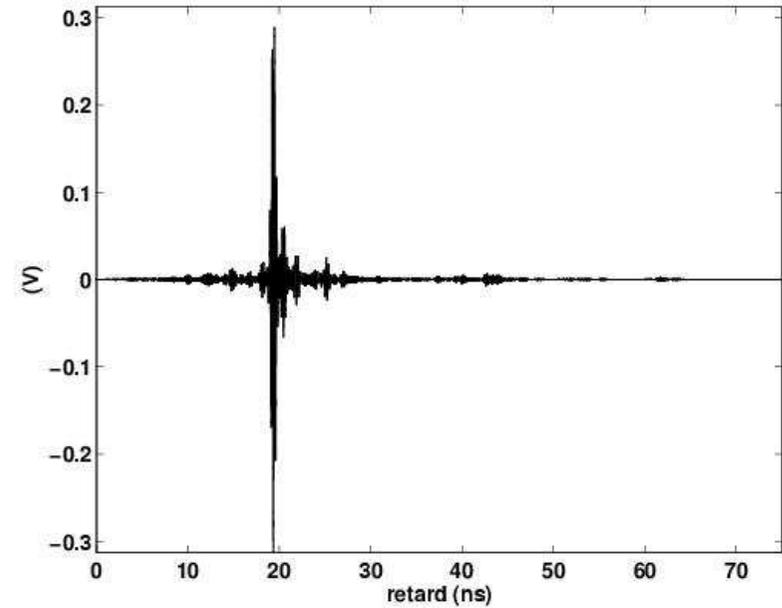
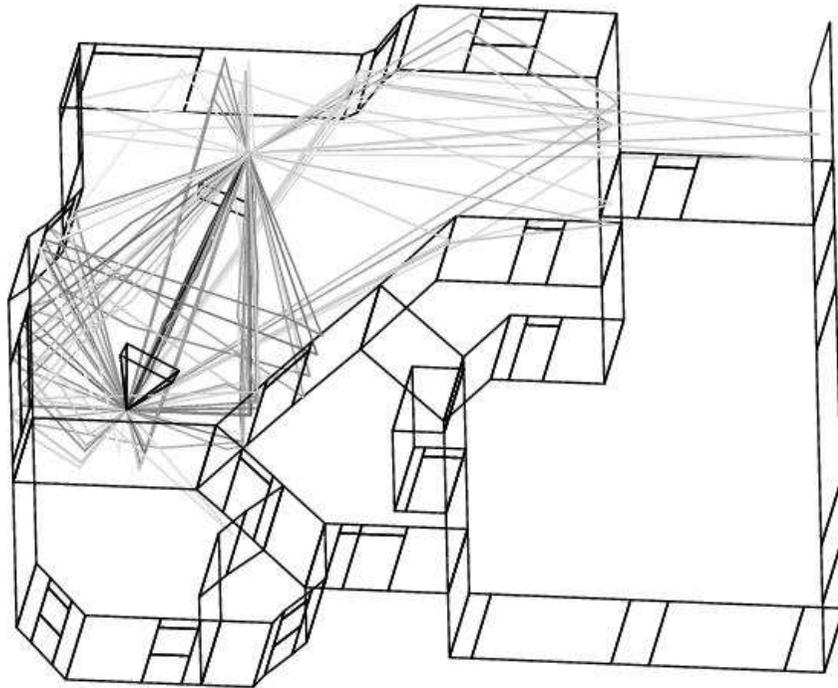
Construction d'un lien direct entre antennes



— Lien simulé en incluant les données NF — Lien mesuré (S21)



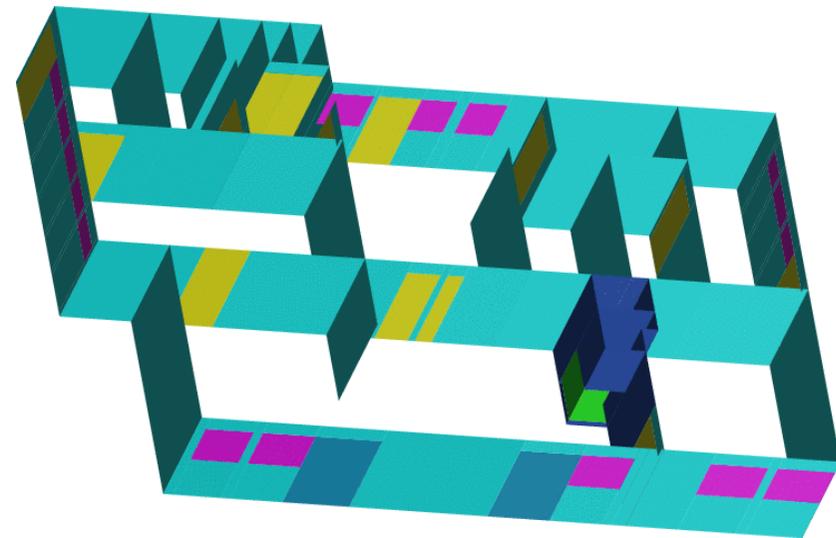
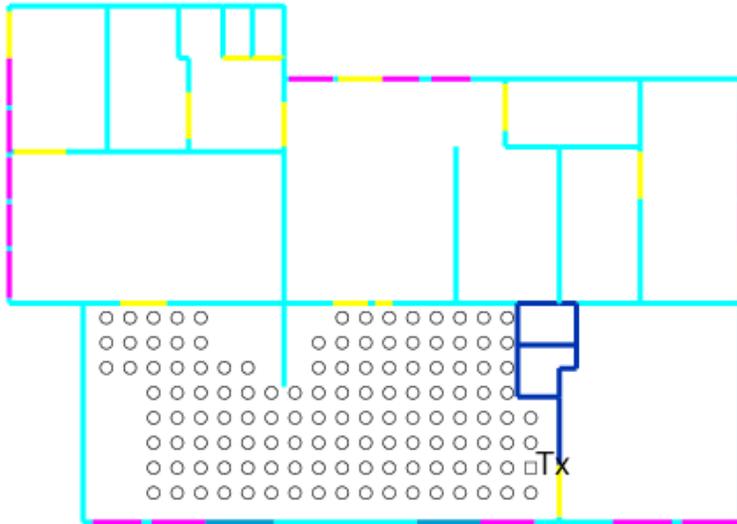
Antennes Tx et Rx : CMA-118

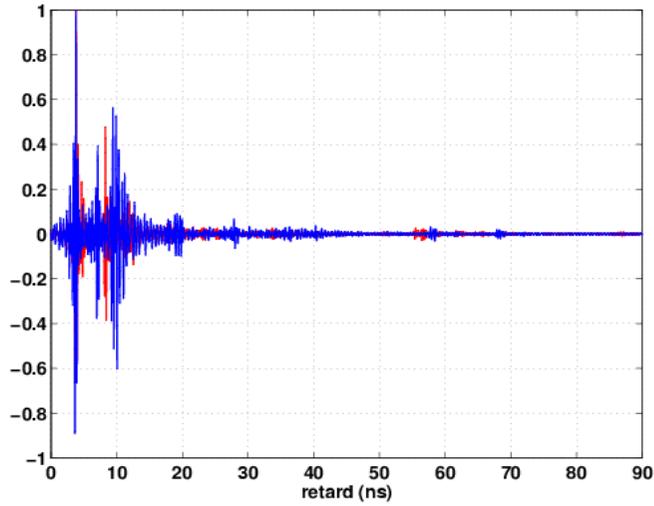


Antennes Tx et Rx : Cornets large bande

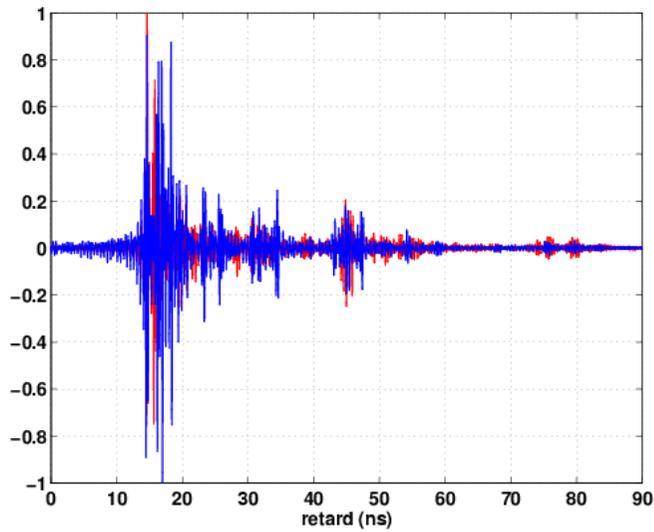
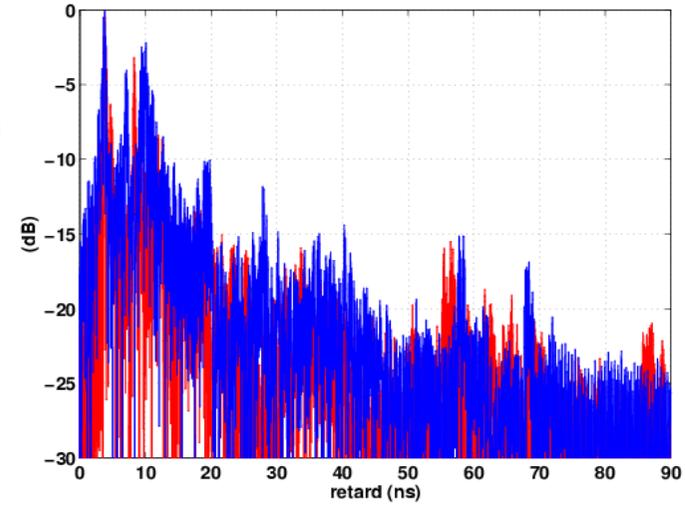
- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- Présentation de l'outil de simulation PULSRAY
- Prise en compte des antennes
- **Comparaison avec la mesure en indoor SISO**
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO–UWB
- Conclusions et perspectives

- Mesures effectuées dans une maison meublée
 - VNA HP873D [2-6 GHz]
 - Antenne CMA -118
- Propriétés diélectriques des parois caractérisées en transmission à l'aide des cornets large bande (*Modèle de paroi homogène équivalente*)

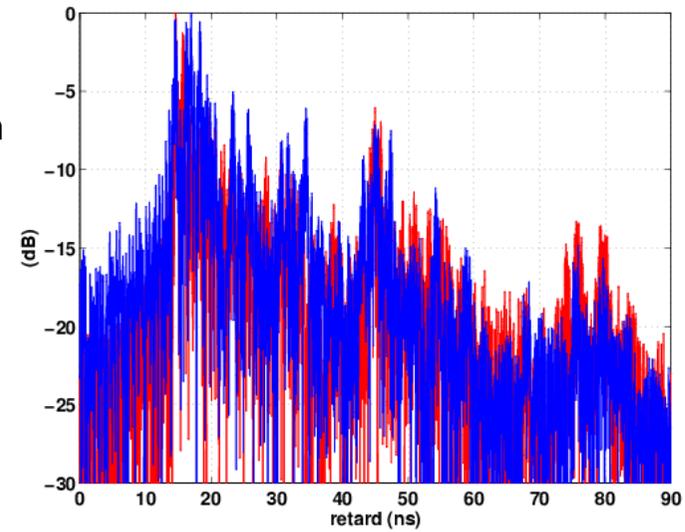




$d=1.14\text{ m}$



$d=4.38\text{ m}$



— Mesures

— Simulations

- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- Présentation de l'outil de simulation PULSRAY
- Prise en compte des antennes
- Comparaison avec la mesure en indoor SISO
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO–UWB
- Conclusions et perspectives

- Canal MIMO (MxN tracés de rayons)

$$\mathbf{H}_{ab}(f) = \begin{bmatrix} H_{a_1 b_1}(f) & H_{a_2 b_1}(f) & \dots & H_{a_M b_1}(f) \\ H_{a_1 b_2}(f) & H_{a_2 b_2}(f) & \dots & H_{a_M b_2}(f) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{a_1 b_N}(f) & H_{a_2 b_N}(f) & \dots & H_{a_M b_N}(f) \end{bmatrix}$$

$$H_{a_m b_n}(f) = \frac{h_b(f)}{4\pi} \sum_{k=1}^K \alpha_{a_m b_n k}(f) e^{-2j\pi f \tau_{a_m b_n k}}$$

$$\alpha_{a_m b_n k}(f) = \mathbf{F}_{b_m n k}^H \tilde{\mathbf{C}}_{a_m b_n k}^\ell \mathbf{F}_{a_m n k}$$

- Canal MIMO (1 seul tracé de rayons)

$$\mathbf{H}_{ab}(f) = \frac{h_b(f)}{4\pi} \sum_{k=1}^K \alpha_{abk}(f) \mathbf{\Psi}_{bk}^H(f) \mathbf{\Psi}_{ak}(f) e^{-2j\pi f \tau_{abk}}$$

- Déphasage à l'émission

$$\mathbf{\Psi}_{ak}(f) = \left[e^{-\frac{2j\pi f}{c} \hat{\mathbf{s}}_{ak} \cdot (\mathbf{r}_{a_1} - \mathbf{r}_a)} \quad \dots \quad e^{-\frac{2j\pi f}{c} \hat{\mathbf{s}}_{ak} \cdot (\mathbf{r}_{a_M} - \mathbf{r}_a)} \right]^T$$

- Déphasage à la réception

$$\mathbf{\Psi}_{bk}(f) = \left[e^{-\frac{2j\pi f}{c} \hat{\mathbf{s}}_{bk} \cdot (\mathbf{r}_{b_1} - \mathbf{r}_b)} \quad \dots \quad e^{-\frac{2j\pi f}{c} \hat{\mathbf{s}}_{bk} \cdot (\mathbf{r}_{b_N} - \mathbf{r}_b)} \right]^T$$

- Canal MIMO avec couplage
 - Approche 1

$$\mathbf{H}_{ab}^c = (\mathbf{I} - \mathbf{S}_b^H) \mathbf{H}_{ab} (\mathbf{I} - \mathbf{S}_a)$$

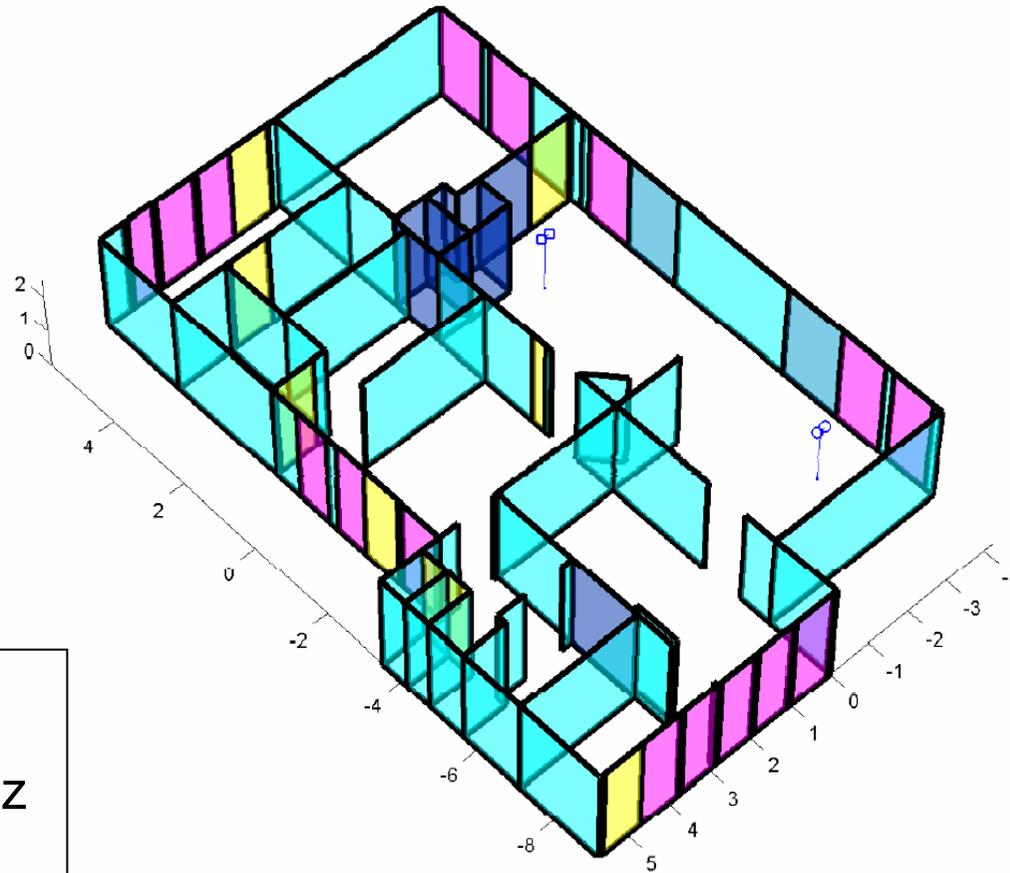
- Approche 2

$$\mathbf{H}_{ab}^c = (\mathbf{I} - \mathbf{S}_b^H) \mathbf{H}_{ab} (\mathbf{I} - \mathbf{S}_a)$$

- Réciprocité définie par

$$\mathbf{H}_{ba}^c = \mathbf{H}_{ab}^c H$$

- Canal MIMO 2x2

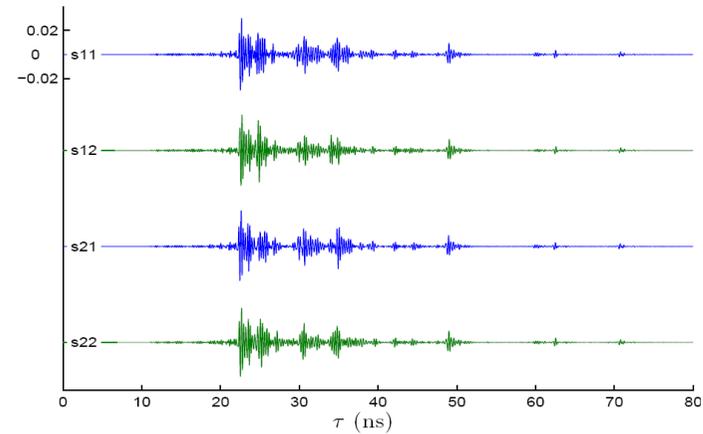
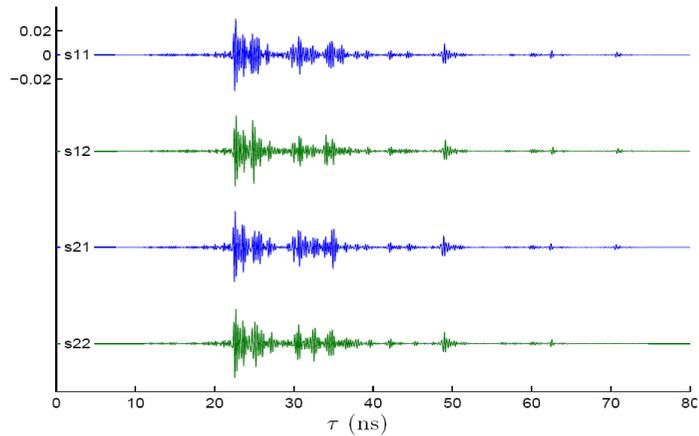


$$f_c = 4 \text{ GHz}$$

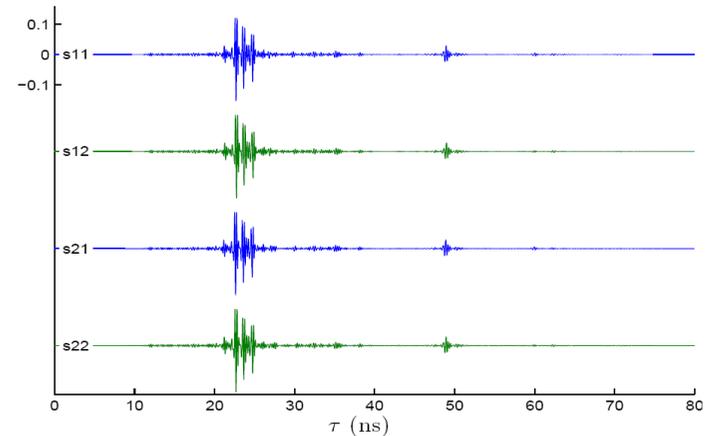
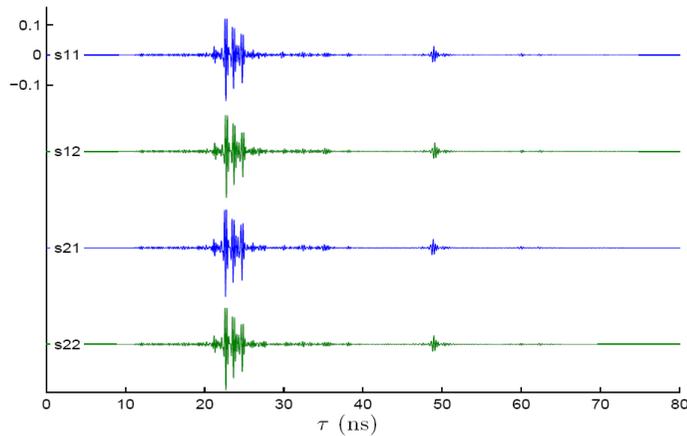
$$B_{-10\text{dB}} = 2 \text{ GHz}$$

$$d = c / f_c$$

Antennes omnidirectionnelles



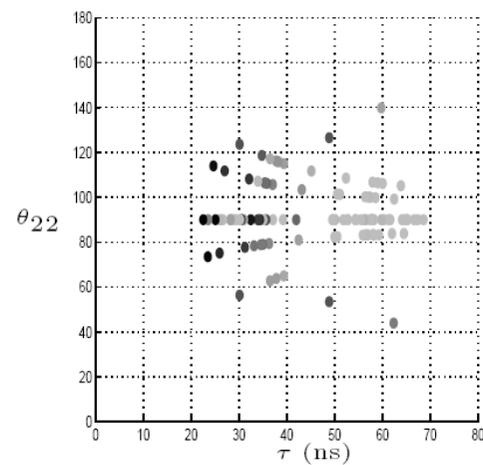
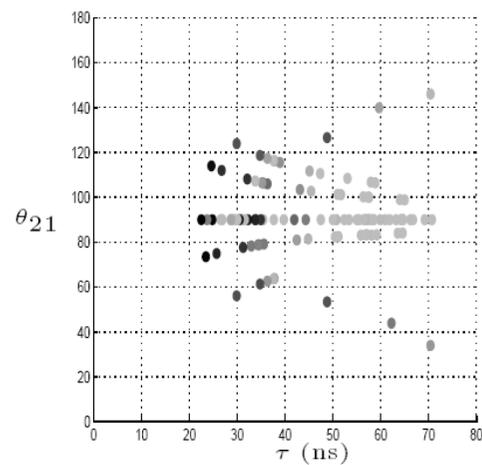
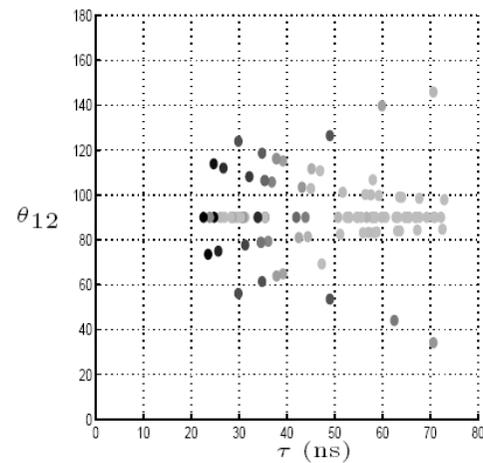
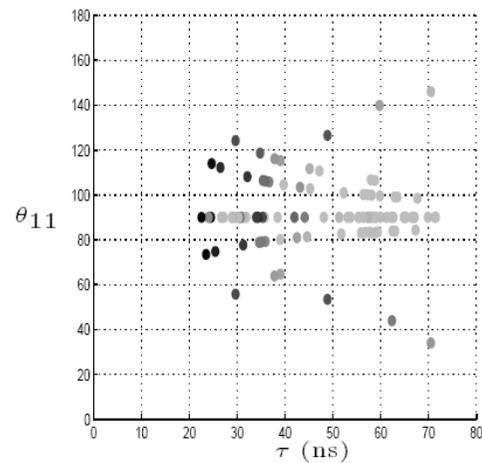
Antennes directionnelles



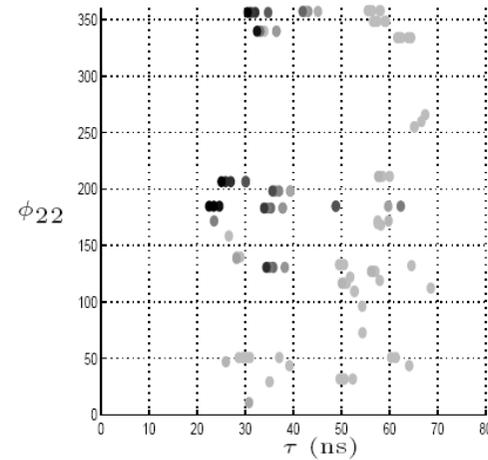
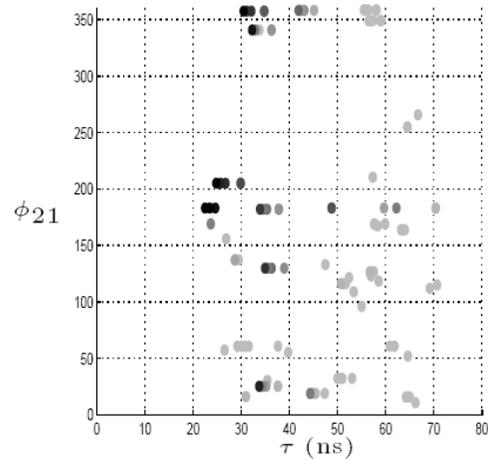
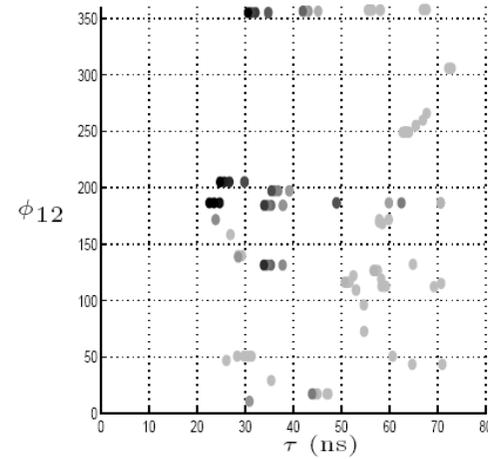
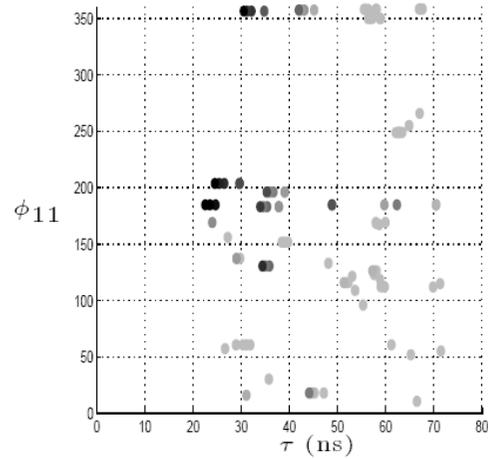
Matrices MIMO par l'approche 1

Matrices MIMO par l'approche 2

- Élévation – antennes omnidirectionnelles



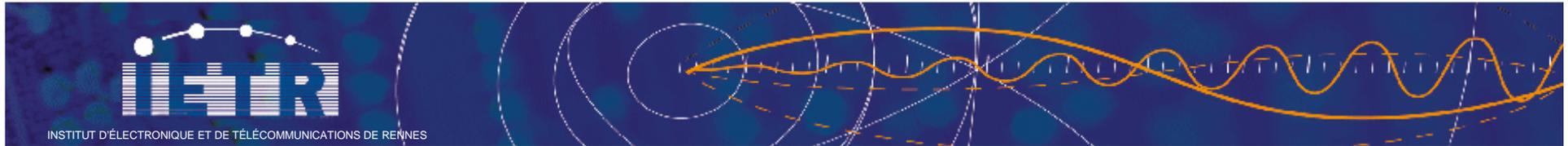
- Azimut – antennes omnidirectionnelles



- Intérêt de la modélisation déterministe du canal
- Présentation de l'outil de simulation PULSRAY
- Prise en compte des antennes
- Comparaison avec la mesure en indoor SISO
- Deux approches pour l'extension aux situations MIMO–UWB
- **Conclusions et perspectives**

- La modélisation déterministe permet de rendre compte de situations typiques de canaux de transmission indoor UWB
- Formalisme de modélisation du canal
 - MIMO (2 approches)
 - Couplage entre antennes
 - Respect de la réciprocité du canal
- Outil de simulation
 - Séparation de l'influence des antennes et de la propagation
 - Validation expérimentale

- Analyse de la diversité spatiale
 - Apport des techniques MIMO pour l'UWB
 - Répartition des angles de départ et d'arrivée
 - Modèle de matrices de corrélation
- Interopérabilité entre systèmes hétérogènes
 - Dimensionnement des puissances
 - Couverture
 - Interférences (simulations DAA)
- Retournement temporel
 - Dimensionnement de la zone de focalisation
 - Evaluation de l'apport MISO



Journées scientifiques CNFRS–URSI

*Vers des radiocommunications
reconfigurables et cognitives*

28 et 29 mars 2006

Simulation déterministe du canal de propagation UWB et Radio Cognitive

**Bernard Uguen
Friedman Tchoffo Talom
Louis-Marie Aubert**

bernard.uguen@insa-rennes.fr
ftchoffo@insa-rennes.fr, laubert@insa-rennes.fr

UMR
6164

