

COMMUNICATIONS NUMERIQUES INTRA VEHICULE : CARACTERISATION DES BRUITS ET DES INTERFERENCES

Virginie DEGARDIN*, Marc HEDDEBAUT, Martine
LIENARD*, Virginie DENIAU** et Pierre DEGAUQUE***

(*): Université de Lille, IEMN/TELICE

(**): INRETS/LEOST, Villeneuve d'Ascq,

Le “nouvel environnement électromagnétique” ?

- Dans nos exemples : impact sur les communications numériques
- Accent sur une évolution nécessaire dans la caractérisation de l'environnement, dans sa modélisation et dans les moyens de tests
- Pourquoi cette évolution ? Systèmes de transmission de données numériques. Approche traditionnelle dans le domaine fréquentiel mal adaptée.
- 2 exemples : Communications sur le réseau d'énergie des véhicules (PLC), propagation libre au sein du véhicule

PLC : Liaison intravéhicule (X by wire)

- Exemple: Mercedes classe C: 40 calculateurs, Clio: 15. 3km de câblage. Multiplexage a ses limites.
- Encombrement et poids plus importants, diagnostic de pannes délicat PLC ?
- Optimisation du système de transmission : Caractérisation du canal de propagation (Fonction de transfert + bruit).
- Caractérisation du bruit dans le domaine temporel. Optimisation du codage de canal et prédiction des performances.

Attention aux « perturbations » de l'environnement

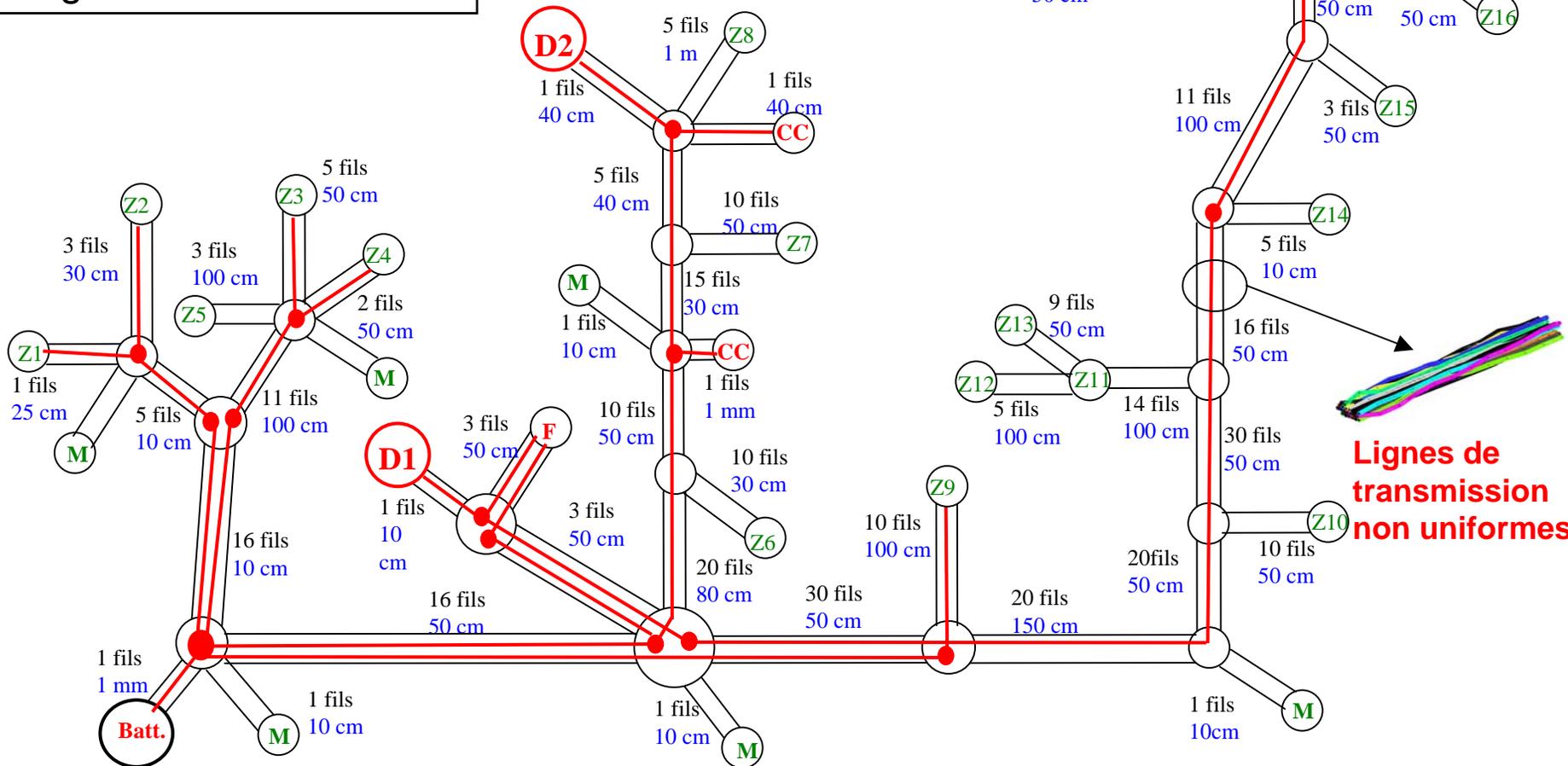
- Contrainte supplémentaire: rayonnement de ces sources distribuées
 - Pas de normes spécifiques actuelles.
 - CISPR 25 : Tension au pied d'antenne radio 6 dB μ V
 - Minimisation du champ rayonné.
 - Injection sur le réseau en de nombreux points
 - DSP émission – 80 à – 60 dBm/Hz

Modélisation de la propagation

D1 → D3 : 5.75 m

D2 → D3 : 7.55 m

longueur totale = 205 m



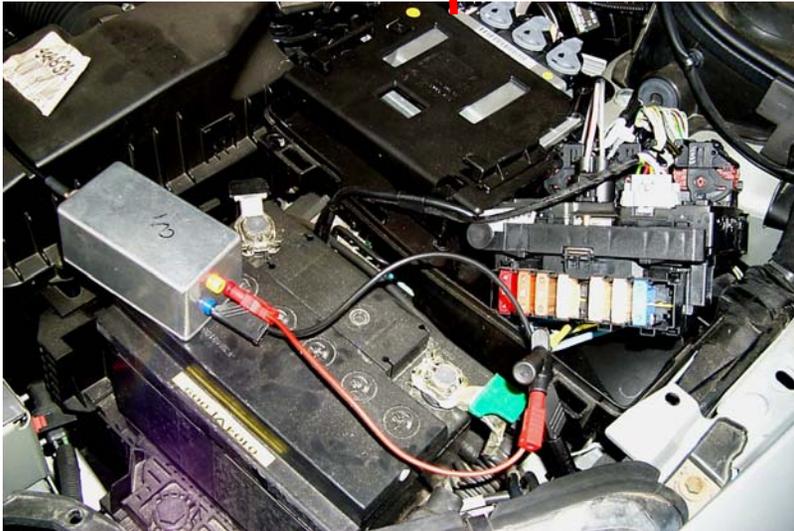
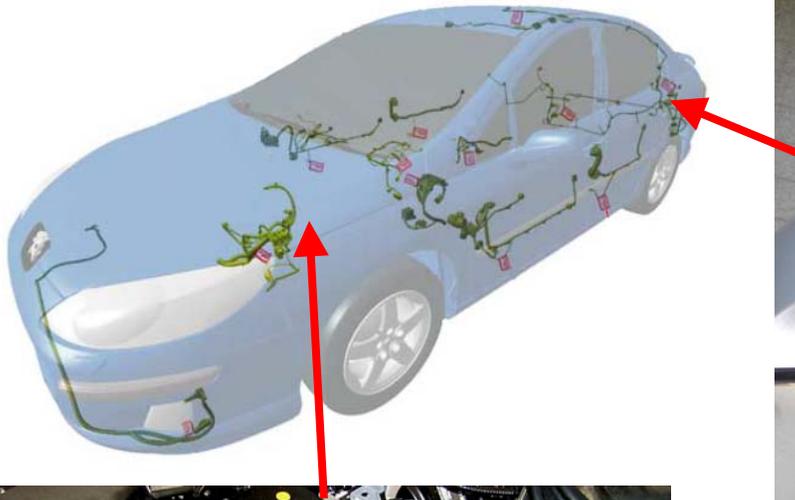
**Compartiment
moteur**

Tableau de bord

Habitacle

**Lignes de
transmission
non uniformes**

Mesures des fonctions de transfert



**Analyseur de réseau + coupleur :
Matrice des paramètres S**

**Multitrajets dus aux réflexions
multiples. Canal sélectif en fréquence.**

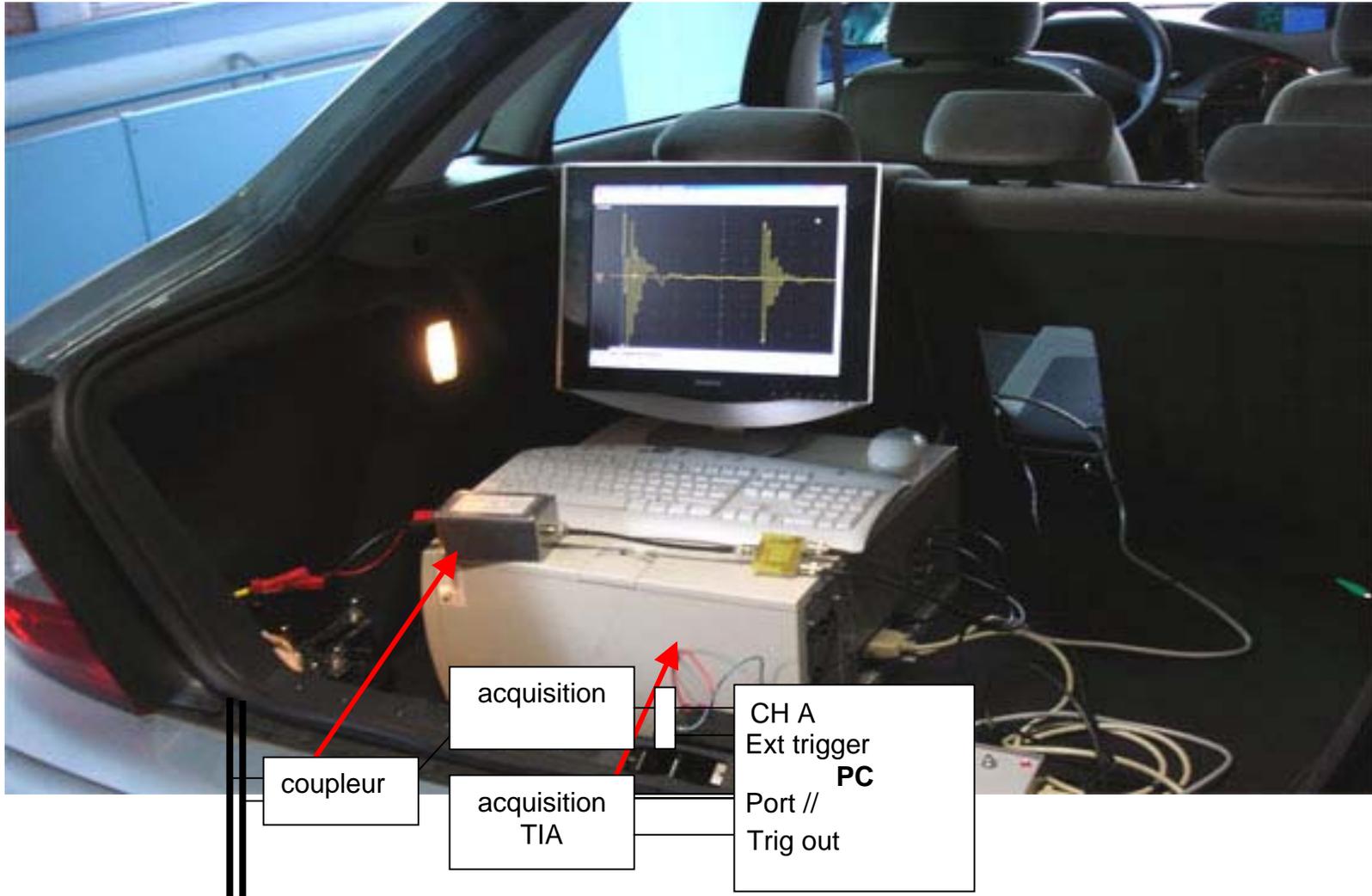
OFDM (1-30 MHz)

Enregistrement des bruits impulsifs

Paramètres ajustables. Exemple :

Fréquence d'échantillonnage 400 M échantillons/s

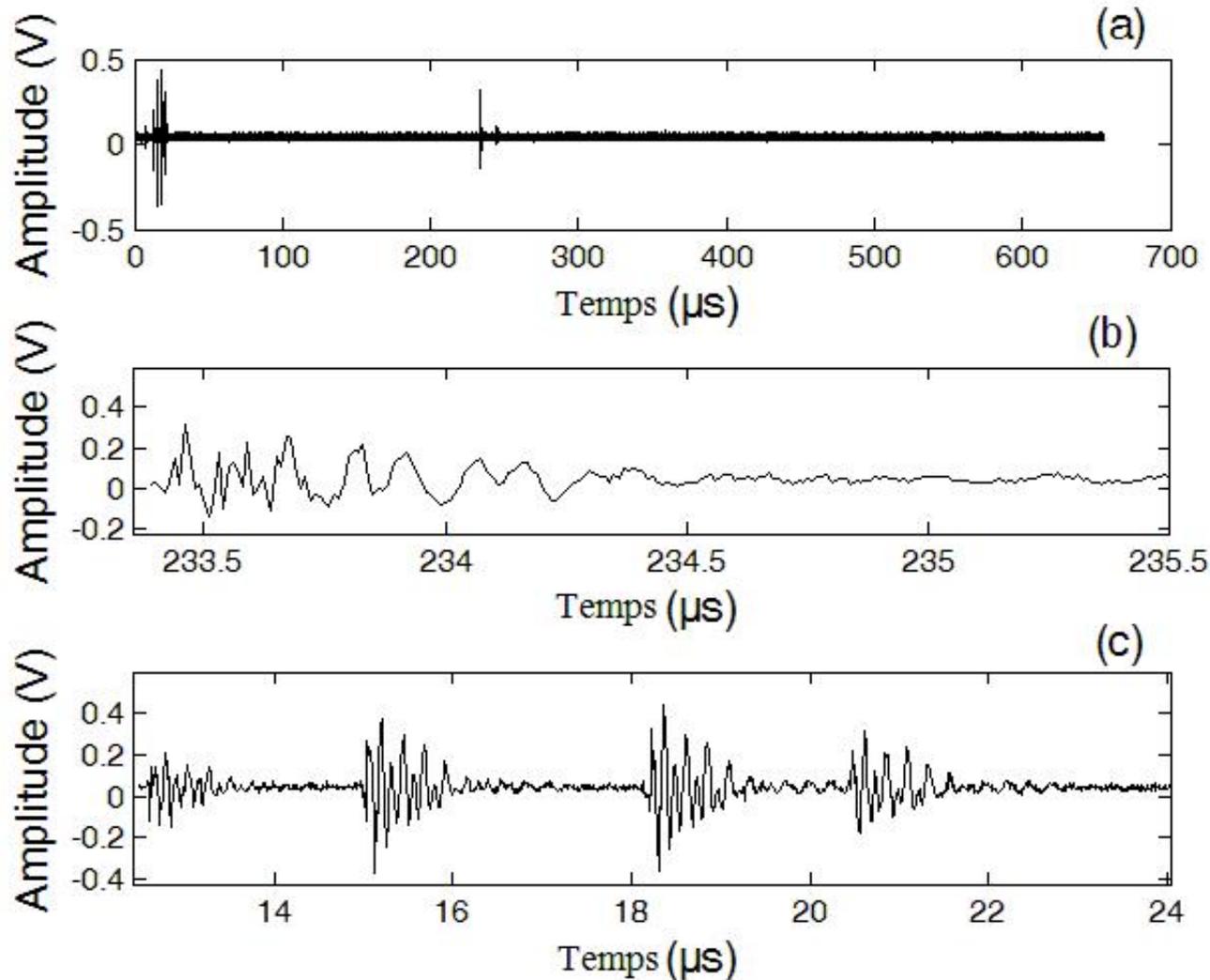
Trigger (variable) : 3 mV cc, Fenêtre d'observation: 650 μ s, Écrêtage ± 10 V



Impulsions “typiques”

Exemple d'enregistrement de bruit. (Enregistrements parcourus 20 min.)

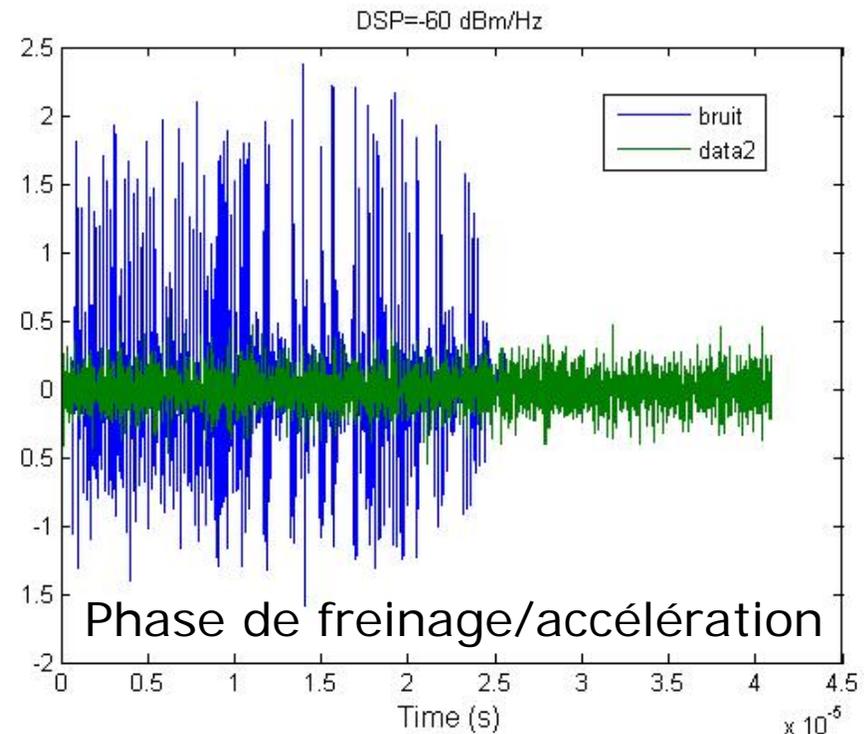
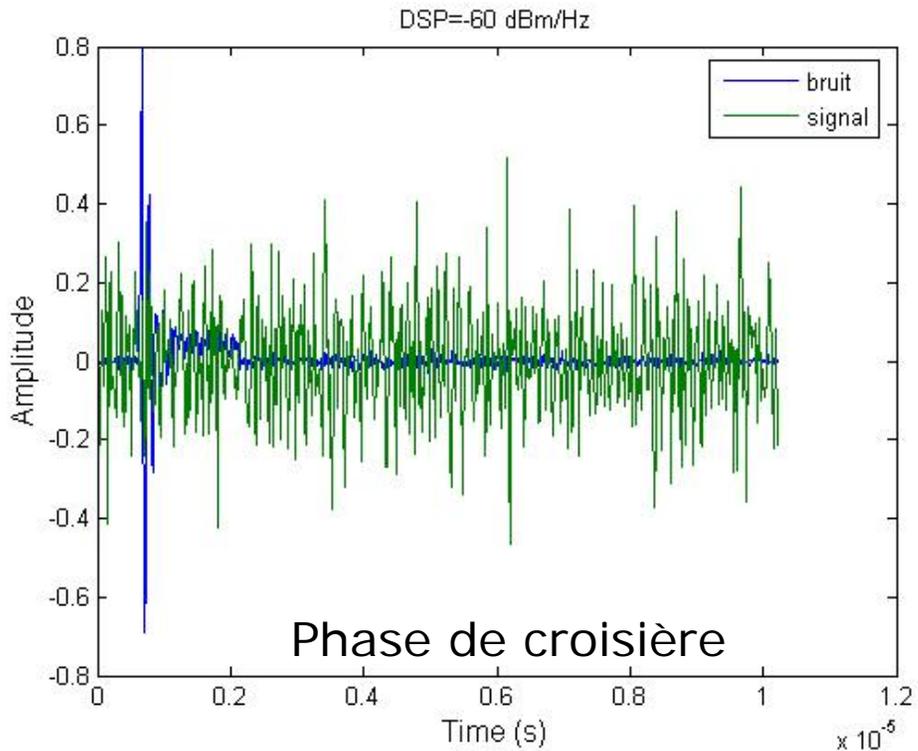
(a) Fenêtre d'observation de 650 ms, (b) Impulsion isolée, (c) Rafale



Risque de perturbation du signal par le bruit impulsif ?

Suivant les véhicules, caractéristiques statistiques des impulsions différentes en phase de croisière ou en phase de freinage/accélération

DSP du signal émis faible (entre -80 et -60 dBm/Hz)



(Remarque : attention aux échelles)

⇒ en phase de croisière: durée courte et TIA

Classification/Caractérisation du bruit impulsif du bruit

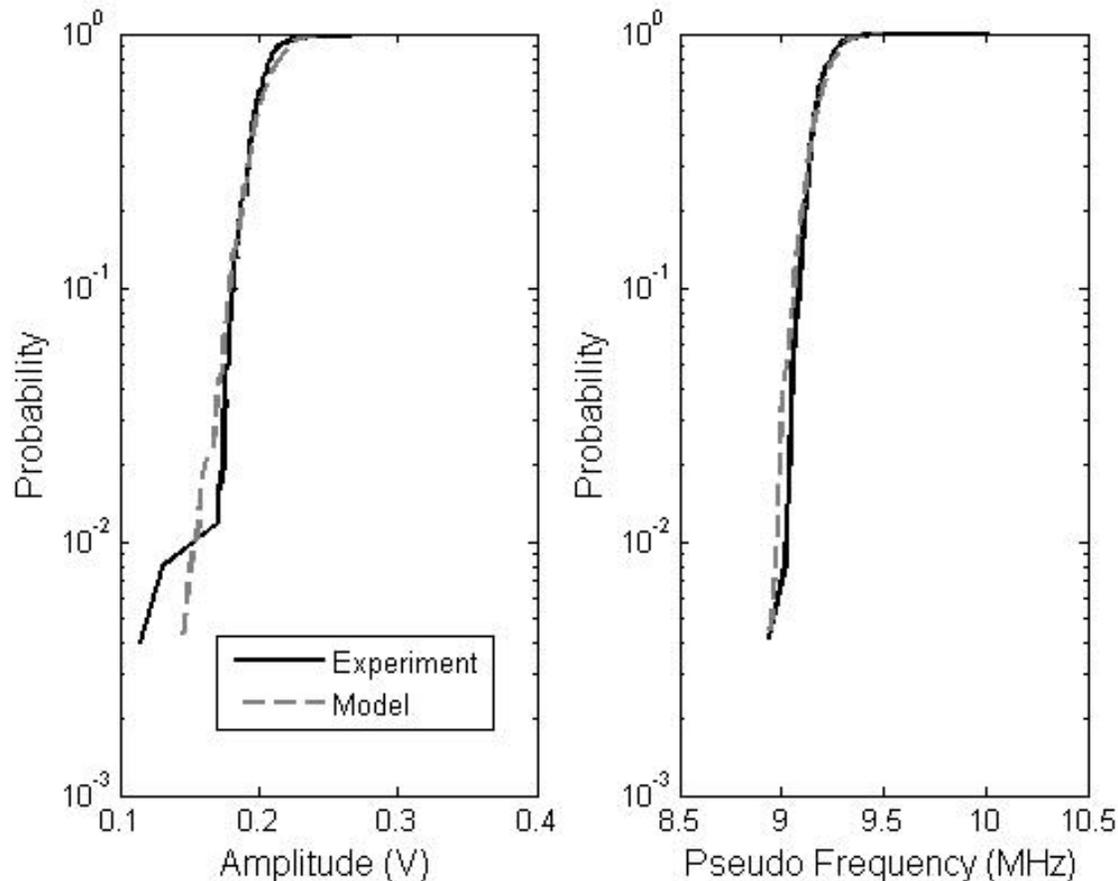
- Classification
 - Impulsion isolée – rafale (« burst »)
- Paramètres significatifs
 - Pseudo fréquence, amplitude crête, facteur de décroissance, largeur, temps d'inter arrivée, etc.
- Etude statistique
 - « Optique » de l'implantation d'un système télécom. Pas d'identification fine des sources de perturbation. Aspect global.
 - Mesures en de nombreux points du réseau + un « grand » nombre de véhicules

Modélisation du bruit

- Objectif :
 - Modèle numérique générant du bruit ayant les mêmes caractéristiques statistiques que le bruit mesuré
 - Insertion de ce modèle dans un logiciel simulant la liaison (algo du traitement de signal, performances)
- Approches
 - Modèle stochastique
 - Chaînes de Markov
 - Middleton
 - Autre?

Modèle stochastique – chaînes de Markov

- Pour chaque caractéristique du bruit impulsif, trouver les lois statistiques les plus appropriées. « Reconstitution » des impulsions
- Tirage aléatoire ou Markov (matrice de transition)
- Exemple : amplitude crête et pseudo fréquence (Distributions Gamma)



Exemple d'application

- Norme HP 1.0: code RS + Code Convolutif Poinçonné ou non
- Performances durant la phase de croisière
TEB < 10^{-6} : Débit moyen de 14 Mbits/s (DSP émis – 70 dBm/Hz)
- Durant les phases d'accélération et de freinage, pour ce débit le TEB deviendrait $7 \cdot 10^{-2}$!

Middleton classe A – bilan modélisation

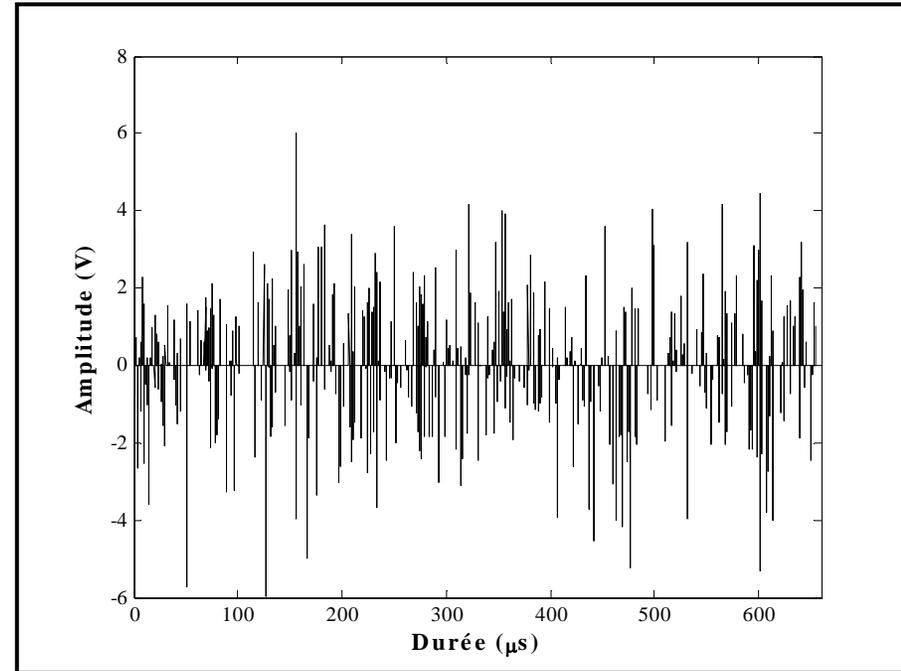
Bande passante du bruit \ll Bande du récepteur

Expression de l'amplitude instantanée du bruit

$$\begin{aligned} X(t) &= X_c(t) \cos(2\pi f_0 t) + X_s(t) \sin(2\pi f_0 t) \\ &= \text{Real}(E(t) \exp(j(2\pi f_0 t + \varphi(t)))) \end{aligned}$$

Paramètres caractéristiques : P 3

- ▶ Indice impulsif (A)
- ▶ Facteur gaussien (I)
- ▶ Variance de la composante impulsive (Ω_{2A})



Problème : impulsions de bruit uniformément réparties.

Mauvaise restitution des formes temporelles \Rightarrow Mauvaise prévision du taux d'erreurs

Modèle stochastique/Markov OK mais lourd de mise en œuvre

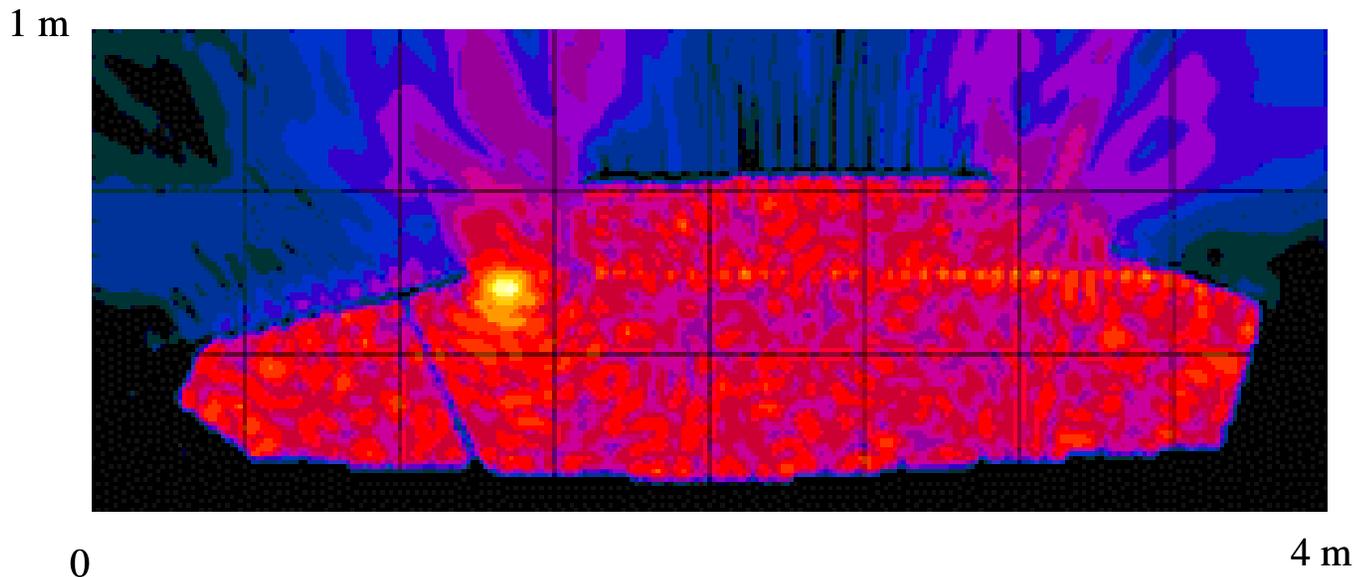
Middleton : pas bien adapté (1973 ! Com. analogiques!)

« Nouveau » Middleton pour com. num ? En cours

Environnement électromagnétique dans un véhicule :

Développement de nouveaux moyens de tests

- Multiples sources d'émission quelques GHz
 - Compatibilité inter système
 - Performances des systèmes
 - Problème : véhicule (voiture, rame, avion) cavité résonnante
- Exemple : Modélisation FDTD rayonnement 2.45 GHz



Moyen de simulation de l'environnement / Tests

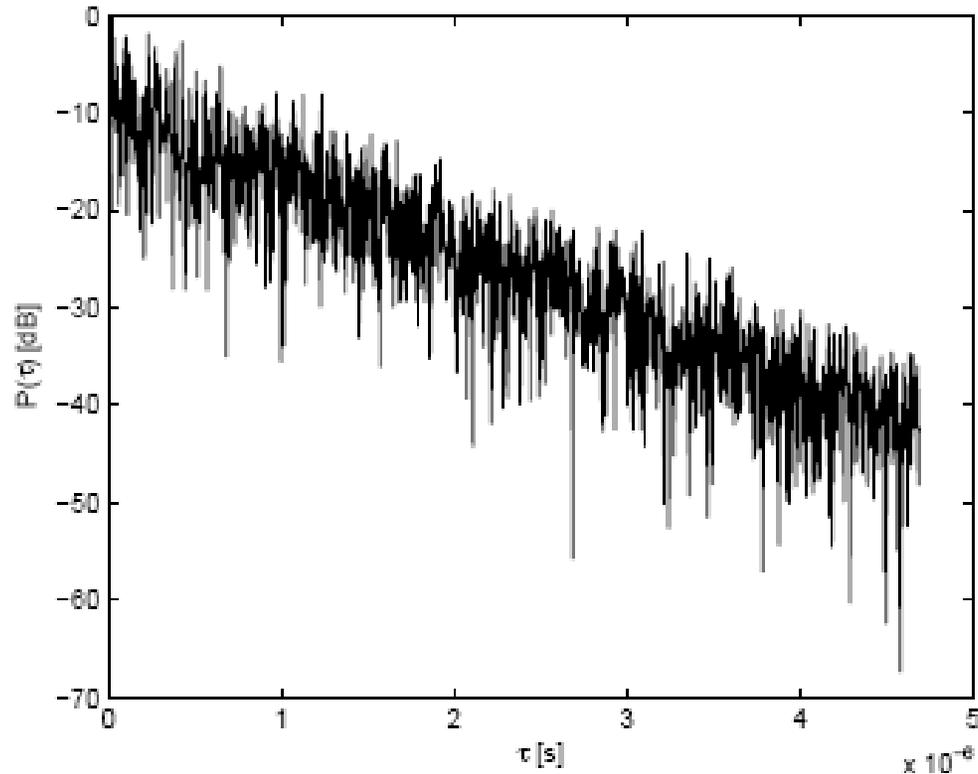
- Modèle déterministe ? Aspects aléatoires : passagers (mouvement, position..)
- Moyen de test de compatibilité intra ou intersystèmes
 - Tests en laboratoire reproductibles ?
 - Environnement multi trajets
- Chambre réverbérante ... si possibilité de reproduire les caractéristiques de l'environnement réel
 - Collaboration avec l'ULB (Thèse O. Delangre)

Potentialité des CRBM

- CEM : Q , τ_{RC} : décroissance exponentielle de l'énergie emmagasinée lorsque la source est arrêtée, B_m : largeur de bande modale, etc.
- Télécom : Bande de cohérence $B_c(\rho)$, (ρ coeff de corrél.)
profil de puissance : étalement des retards τ_{RMS} , etc.
- 1^{ère} étape : relation entre ces paramètres
 - τ_{RMS} s'identifie à τ_{RC} $(Q/2\pi f_c)$
 - $B_c(\rho)$ s'identifie à B_m pour $\rho = 0.7$ (f_c/Q)
- 2^{ème} étape : caractérisation de la chambre

Réponse impulsionnelle de la CRBM

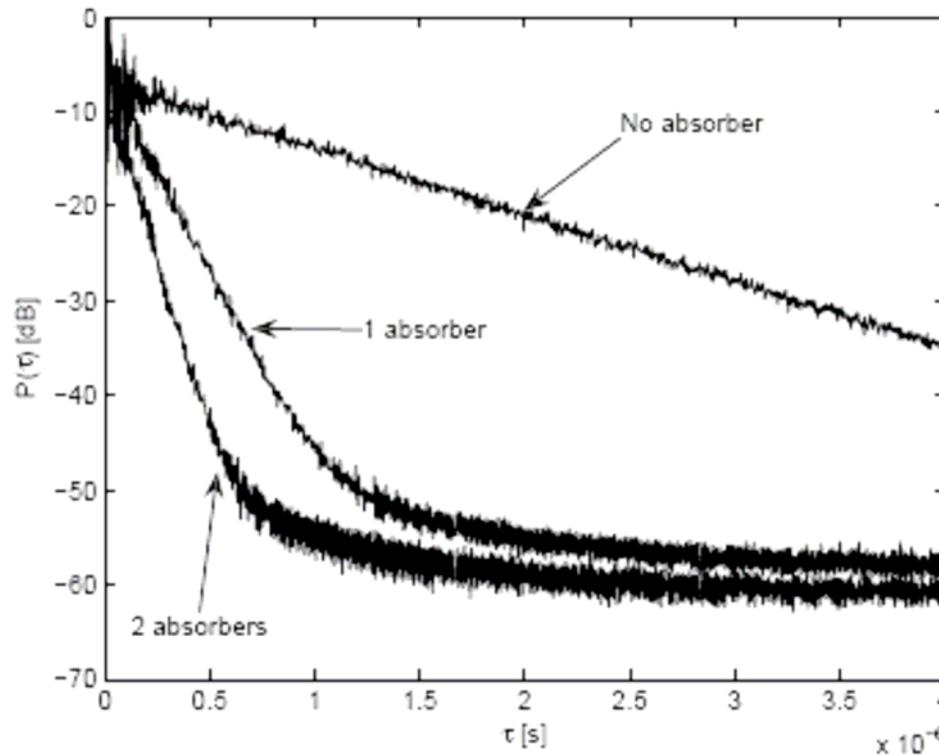
Analyseur de réseau, 200 MHz de bande, $f_c = 5$ GHz
Cas d'une réalisation (brasseur immobile)



$Q : 14\ 000$, $\tau_{\text{RMS}} : 400$ ns Grandes valeurs ! ($Q_{\text{voiture}} 500$ max)
Introduction d'absorbants

CRBM amortie

Panneaux absorbant de 1.5 m² (Moyenne sur 100 réalisations)



Surface équivalent d'absorption \Leftrightarrow Choix du nombre d'absorbants

Sans abs. Q : 14 000, τ_{RMS} : 400 ns ;

1 abs. Q : 1 600, τ_{RMS} : 58 ns ;

2 abs. Q : 850, τ_{RMS} : 31 ns ;

.....

\Leftrightarrow

indoor 10 – 300 ns

suburbain 200 – 2000 ns

véhicule 10 -30 ns

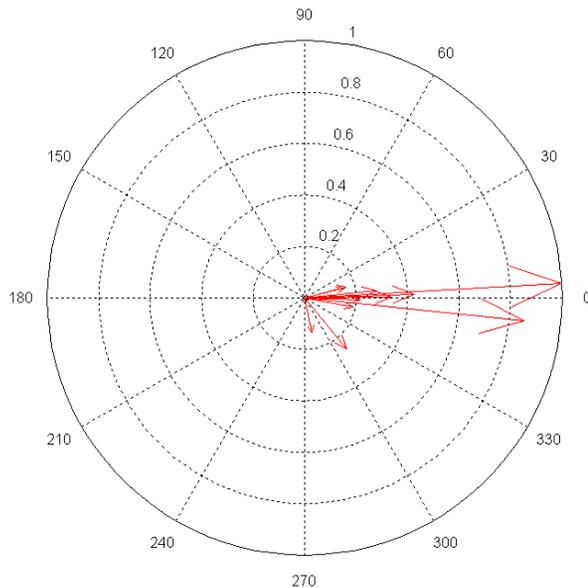
CRBM amortie, suite

Autre paramètre intéressant : direction d'arrivée des rayons

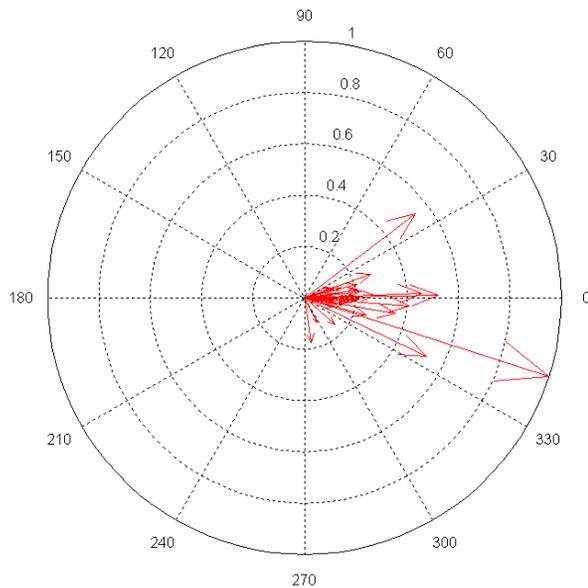
Exemple : pour une position du brasseur (antenne directive 90°, 5 GHz)

Reconstitution des directions d'arrivée (Algorithme ESPRIT)

4 absorbants



3 absorbants



Normalisation : rayon le plus énergétique amplitude de 1

- Généralisation banc de test :
Plusieurs sources dans la CRBM (CEM intersystèmes), Géné de bruit impulsif ou non

CRBM amortie

Points à approfondir

- Profil de puissance quasi-continu. Conséquences sur le comportement des systèmes (OFDM, CDMA, etc.)
- Efficacité du brasseur aux temps courts
- Influence de la position des absorbants, de leur nombre/répartition, etc.

Simulation d'un environnement plus général

Caractéristiques de l'environnement différentes près de Tx, Rx ou entre Tx et Rx

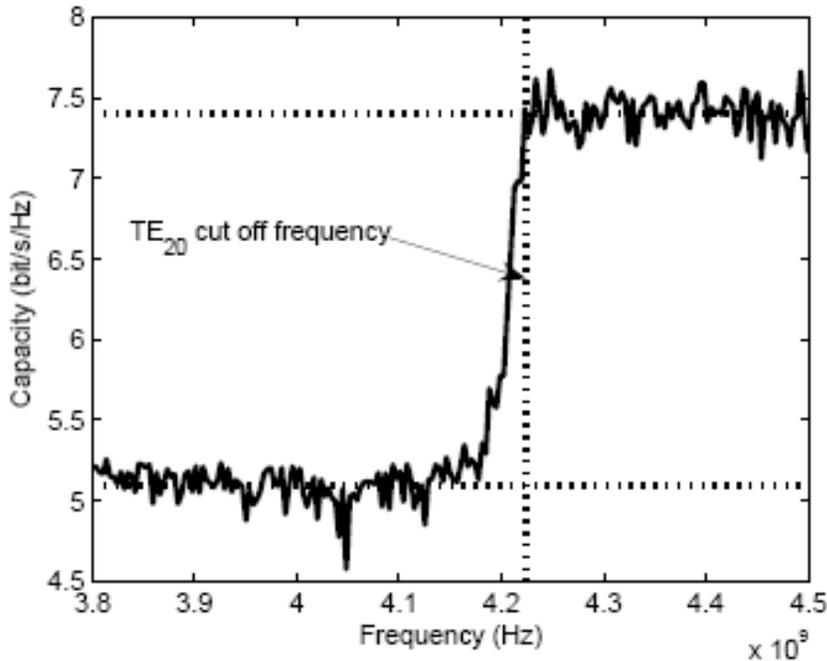
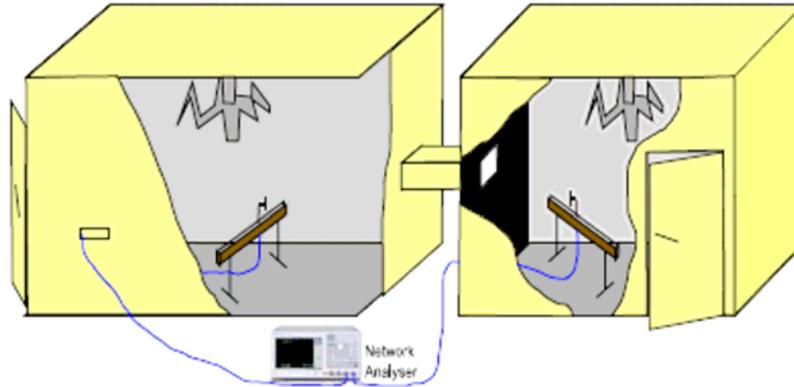
Important pour les systèmes multi antennes

Ex : MIMO , corrélation entre éléments + rang de matrice H

- 2 CRBM couplées entre elles

CRBM couplées

- Guide entre CRBM : Dimensions / fréquence \Leftrightarrow modification du nombre de modes \Leftrightarrow modification du rang de H



Exemple MIMO (4,4) SNR de 10 dB

Conclusion

- Systèmes numériques de transmission de données \Rightarrow Nouvelle approche dans la caractérisation de l'environnement
 - Domaine fréquentiel \Rightarrow domaine temporel
- Élaboration de nouveaux modèles de bruit
- Développement de moyens de tests : compatibilité inter systèmes ou intra système. CRBM : candidat potentiel