

Etude et optimisation des techniques UWB haut débit multibandes OFDM

Emeric GUEGUEN

Thèse de doctorat de l'INSA de Rennes
Spécialité Electronique

- 14 janvier 2009 -

Avant-propos

- **Laboratoire d'accueil**
 - Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes (IETR) – UMR CNRS 6164
- **Directeur de thèse**
 - Jean-François Hélar, Professeur à l'INSA de Rennes
- **Co-encadrant**
 - Matthieu Crussière, Maître de Conférences à l'INSA de Rennes
- **Contexte**
 - Contrat de recherche externe (CRE) avec Orange Labs RESA/WIN/CREM.

1. La technologie UWB
2. La solution MB-OFDM
3. Le précodage linéaire pour l'UWB
4. Effets des interférents à bande étroite
5. Conclusion

La technologie UWB

- Contexte
- Réglementation
- Normalisation

Contexte

- **Années 60 : UWB utilisée dans le domaine du radar**
 - Emission d'impulsions de très courtes durées (<ns)
- **Fin des années 90 : UWB est étudiée pour les communications sans fil WPAN**
- **Caractéristiques des signaux impulsionnels UWB**
 - Occupent une très large bande de fréquences
 - Densité spectrale de puissance (DSP) très faible
- **Intérêts**
 - Possibilité d'atteindre des débits de transmission élevés
 - DSP très faible : possibilité de réutilisation de fréquences déjà allouées
 - Possibilité de localisation avec une précision élevée

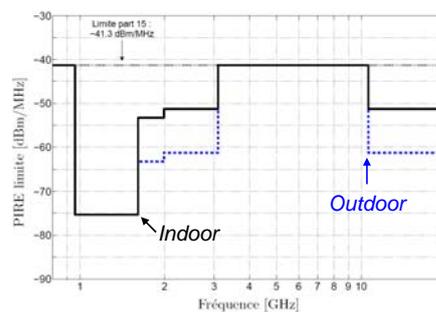
Réglementation

14 février 2002 : décision de la FCC aux Etats-Unis

- Emission autorisée sans licence
- Masque d'émission imposé
 - Bande 3.1 – 10.6 GHz
 - DSP limitée à -41.3 dBm/MHz
- Définition des signaux UWB
 - Bande instantanée à -10 dB supérieure à 500 MHz
 - Ou vérifiant la relation :

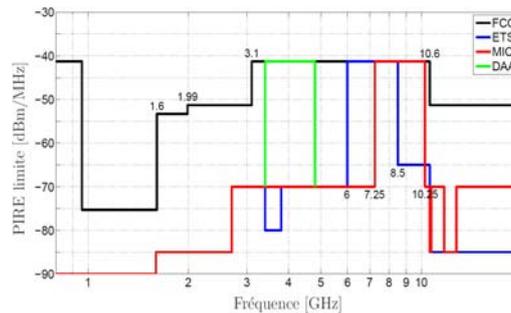
$$B_{f,10dB} = 2 \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{max} + f_{min}} \geq 20\%$$

- **Aucune forme d'onde n'est imposée**



Réglementation

- La réglementation en Europe et au Japon
 - Masques plus restrictifs
 - Volonté de protéger les technologies sans fil existantes
 - Techniques de détection et d'évitement (DAA : *Detect And Avoid*)
 - 3.4 – 4.8 GHz : bande envisagée pour WiMAX et 4G



Normalisation de l'UWB

- Proposition de deux standards IEEE pour les WPAN
 - IEEE 802.15.4a (2004) : communications bas débit (< 250 kbit/s) avec fonction de localisation de haute précision : **norme approuvée en 2007**
 - IEEE 802.15.3a (2003) : communications très haut débit (> 100 Mbit/s)
 - Faible consommation (applications nomades), bas coûts
 - Fonctionnement intra-bâtiment, courte portée (jusqu'à 10m)

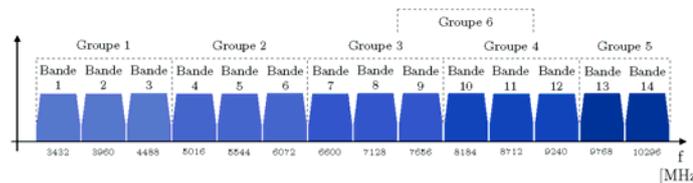


La solution MB-OFDM

- Choix de la solution MB-OFDM
- Système MB-OFDM étudié
- Caractéristiques du système MB-OFDM
- Performances
- Synthèse

Choix de la solution MB-OFDM

- **La solution MB-OFDM**
 - Découpage du spectre UWB défini par la FCC, en 14 sous-bandes de 528 MHz.



- Modulation OFDM par sous-bande (IFFT sur 128 points)
- **Intérêts du MB-OFDM pour l'UWB**
 - Robustesse face à la sélectivité fréquentielle du canal de transmission
 - Efficacité dans la récupération de l'énergie des multi-trajets
 - Largeur de bande réduite = complexité et coût des composants maîtrisés

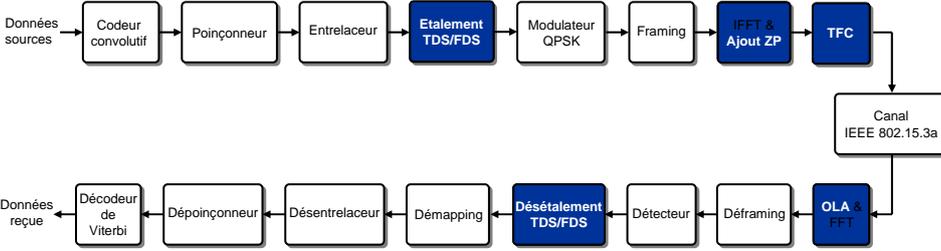


La technologie UWB
La solution MB-OFDM
Le précodage linéaire pour l'UWB
Effets des interférents à bande étroite
Conclusion

Choix de la solution MB-OFDM
Système MB-OFDM étudié
Caractéristiques du système MB-OFDM
Performances
Synthèse

Système MB-OFDM étudié

▪ **Chaîne de transmission étudiée**



▪ Particularités du système :

- Utilisation de techniques dites « d'étalement » (**TDS** : *Time Domain Spreading* et **FDS** : *Frequency Domain Spreading*)
- Mise en œuvre d'un intervalle de garde de type *zero-padding* (**ZP**)
- Utilisation d'un code temps fréquence (**TFC** : *Time Frequency Code*)

Emeric Guéguen – IETR-INSA 11



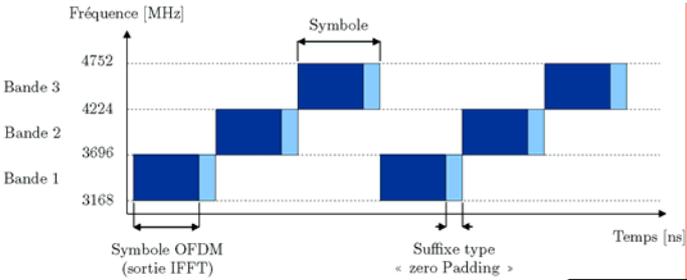
La technologie UWB
La solution MB-OFDM
Le précodage linéaire pour l'UWB
Effets des interférents à bande étroite
Conclusion

Choix de la solution MB-OFDM
Système MB-OFDM étudié
Caractéristiques du système MB-OFDM
Performances
Synthèse

Caractéristiques du système MB-OFDM

▪ **Le code temps-fréquence (TFC)**

- Spécifie à chaque symbole OFDM sa sous-bande d'émission
- Plusieurs TFC pour chaque groupe de sous-bandes



Emeric Guéguen – IETR-INSA 12

Caractéristiques du système MB-OFDM

Le code temps-fréquence (TFC)

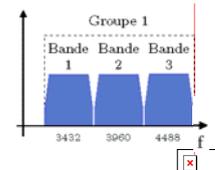
- Spécifie à chaque symbole OFDM sa sous-bande d'émission
- Plusieurs TFC pour chaque groupe de sous-bandes
- Exemple pour le **groupe 1**

Saut sur
3 sous-bandes

Pas de saut

Saut sur
2 sous-bandes

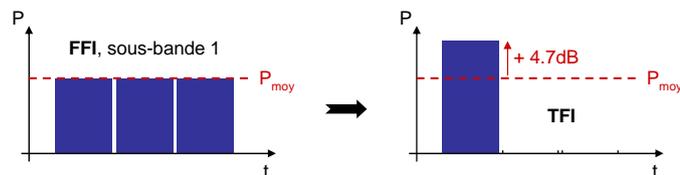
Numéro du TFC	Type de TFC	Code TFC
1	TFI	1 2 3 1 2 3
2	(Time-Frequency Interleaving)	1 3 2 1 3 2
3		1 1 2 2 3 3
4		1 1 3 3 2 2
5	FFI	1 1 1 1 1 1
6	(Fixed Frequency Interleaving)	2 2 2 2 2 2
7		3 3 3 3 3 3
8	TFI2	1 2 1 2 1 2
9	(TFI sur 2 sous-bandes)	1 3 1 3 1 3
10		2 3 1 3 2 3



Caractéristiques du système MB-OFDM

Le code temps-fréquence (TFC)

- Intérêts
 - Le système bénéficie d'un **degré supplémentaire de diversité** équivalent à deux sous-bandes (TFI2) ou trois sous-bandes (TFI).
 - Possibilité de multiplier la puissance maximale d'émission par **deux** (TFI2) ou par **trois** (TFI) tout en respectant le masque de DSP.

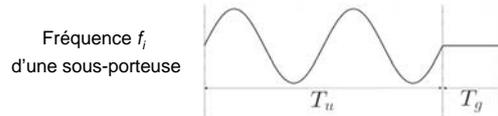


- Possibilité de faire cohabiter plusieurs régions physiques appelées *piconets* ou *beacon region* chacun avec un TFC différent.

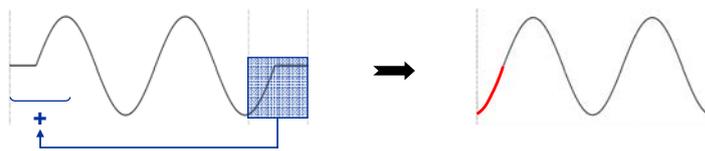
Caractéristiques du système MB-OFDM

▪ L'intervalle de garde

- De type *zero-padding* (ZP) : aucun signal n'est émis
- Placé à la fin de chaque symbole OFDM (suffixe cyclique)



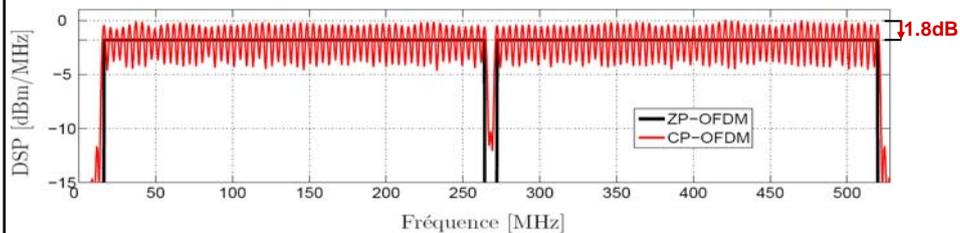
- En réception, l'orthogonalité est restaurée par l'opération dite d'*Overlap and add* (OLA)



Caractéristiques du système MB-OFDM

▪ L'intervalle de garde : comparaison CP-OFDM et ZP-OFDM

- Ondulation dans la bande avec le préfixe cyclique (CP)
- Absence d'ondulation avec le ZP
- Exemple : $T_g = T_u/4$

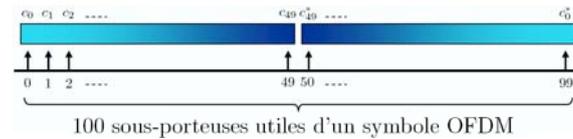


➔ **Intérêt du ZP** : possibilité d'accroître la puissance d'émission tout en respectant le masque de DSP

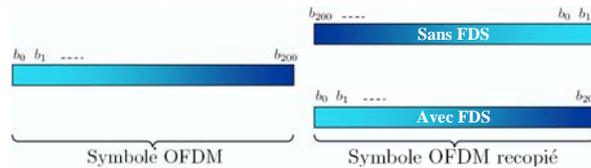
Caractéristiques du système MB-OFDM

▪ Etagement = répétition de certains symboles

- **Fréquentiel (FDS)** : transmission au sein d'un même symbole OFDM :
 - des symboles complexes à transmettre (sur les 50 premières sous-porteuses)
 - et de leurs conjugués symétriques (sur les 50 dernières sous-porteuses)



- **Temporel (TDS)** : transmission de la même information sur deux symboles OFDM consécutifs



Performances

▪ Débits de la solution MB-OFDM

Débit [Mbit/s]	Modulation	Rendement de codage	FDS	TDS	Bits codés par symbole N_{CBPS}	Bits utiles par bloc
53.3	QPSK	1/3	Oui	Oui	100	100
80	QPSK	1/2	Oui	Oui	100	150
106.7	QPSK	1/3	Non	Oui	200	200
160	QPSK	1/2	Non	Oui	200	300
200	QPSK	5/8	Non	Oui	200	375
320	QPSK	1/2	Non	Non	200	600
400	QPSK	5/8	Non	Non	200	750
480	QPSK	3/4	Non	Non	200	900

▪ Paramètres de simulation

- Masque FCC
- Groupe 1 de sous-bandes
- Estimation parfaite du canal
- Détection ZF (zero forcing)

Performances

Modèle de canal utilisé

- Développé pour les travaux de normalisation IEEE 802.15.3a
- Dérivé du modèle de A. Saleh et R. Valenzuela

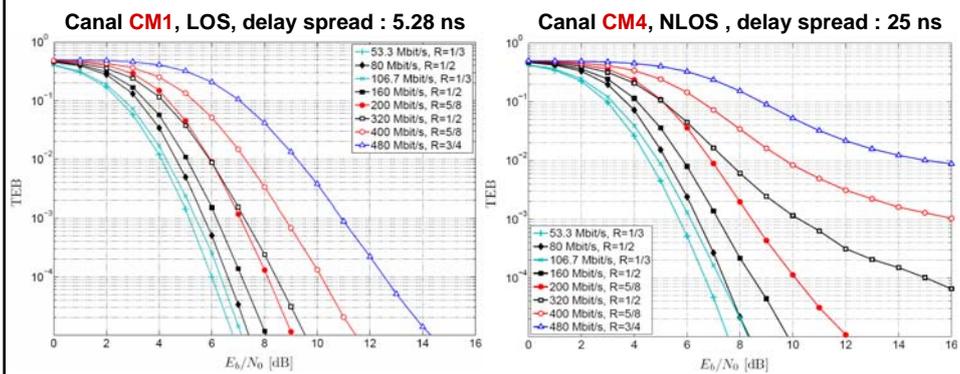
4 configurations ont été définies, identifiées par :

- La distance émetteur-récepteur
- La nature de la liaison **LOS** (*Line Of Sight*) ou **NLOS** (*Non LOS*)

	CM1	CM2	CM3	CM4
Distance Tx-Rx (m)	< 4	< 4	de 4 à 10	
Situation	LOS	NLOS	NLOS	NLOS
τ_{RMS} (ns)	5.28	8.03	14.28	25

Performances

Courbes de TEB avec saut de fréquence



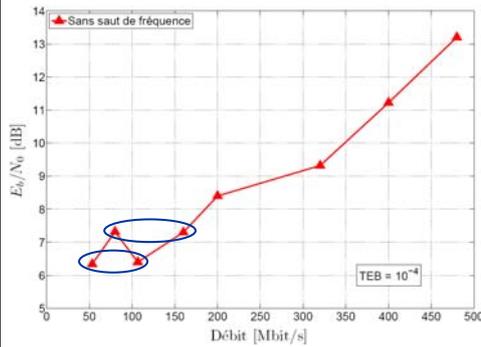
- Apparition de TEB plancher sur le canal CM4 : l'intervalle de garde est sous-dimensionné pour les canaux sévères

➔ La suite de cette présentation utilisera uniquement le canal CM1

Performances

▪ Sans saut de fréquence, canal CM1

- Les symboles sont transmis sur **une même sous-bande**

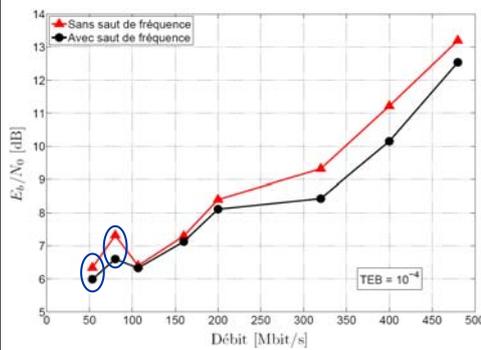


- **53.3 et 80 Mbit/s (TDS + FDS) :**
 Le TDS n'apporte pas de gain : aucune modification de la structure du symbole répété

Performances

▪ Avec saut de fréquence, canal CM1

- Le saut est effectué sur les **trois sous-bandes du groupe 1**



- **53.3 et 80 Mbit/s :** le TDS (simple recopie du symbole) combiné au saut de fréquence permet d'accroître l'exploitation de la diversité

Synthèse

■ Avantages

- Signal robuste face à la sélectivité fréquentielle du canal
- Utilisation du saut de fréquence (TFC)
- Mise en œuvre simple et peu coûteuse de la modulation OFDM

■ Inconvénients

- Apport limité dans certains cas de « l'étalement » (TDS et FDS)
- Problème de cohabitation dans un contexte multi-piconet

■ Proposition : combiner OFDM et étalement de spectre

- Conservation des avantages de l'OFDM
- Ajout d'un degré de robustesse et de liberté supplémentaire

Le précodage linéaire pour l'UWB

- Introduction du système
- Optimisation du système LP-OFDM
- Performances
- LP-OFDM MIMO
- Synthèse

Introduction du système

■ Combinaison OFDM et étalement de spectre

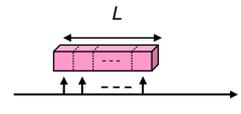
- Améliorer les performances du système
 - Apporter de la flexibilité
- } → **LP-OFDM**
(Linear Precoded OFDM)

■ Choix de la dimension d'étalement : fonction du canal UWB

- Peu variant en temps
 - Sélectif en fréquence
- } → Étalement appliqué suivant l'axe **fréquentiel**

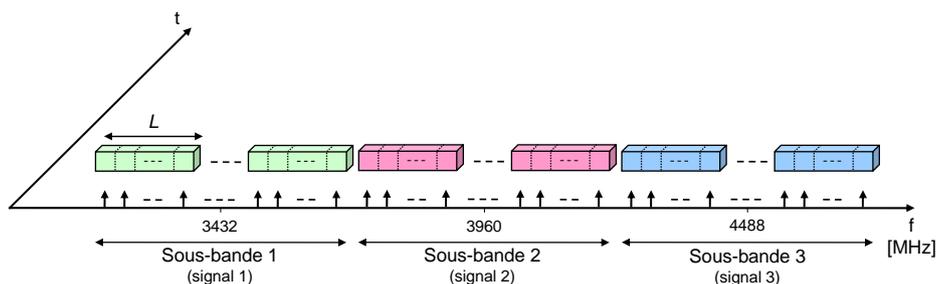
■ Intérêts

- Meilleure exploitation de la diversité du canal
- Résistance naturelle face aux brouilleurs non intentionnels



Introduction du système

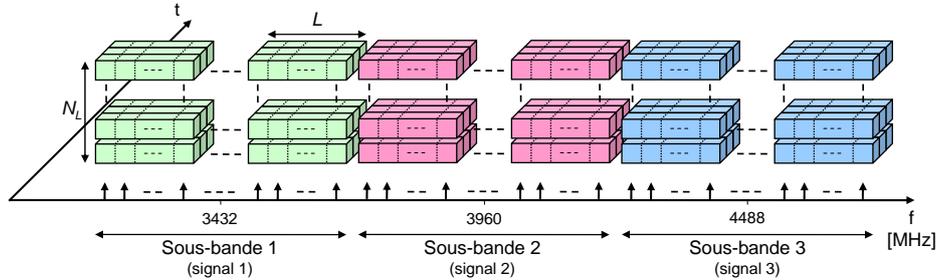
■ Chip mapping retenu



- Chaque signal d'un utilisateur occupe l'ensemble d'une sous-porteuse
- L'étalement est réalisé indépendamment sur ces ensembles sous-porteuses

Introduction du système

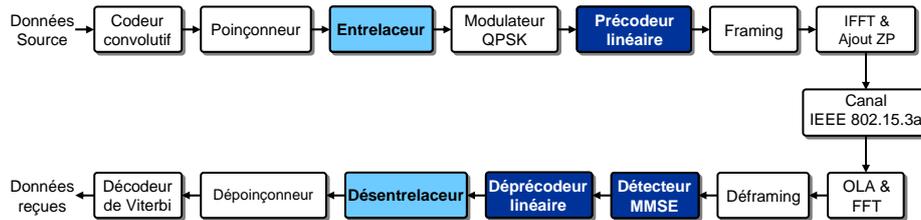
▪ Chip mapping retenu



- Sur chaque sous-bande, il est possible d'ajuster indépendamment :
 - la longueur des codes (L)
 - la charge (N_L)
- L'utilisation du précodage linéaire apporte un **degré de liberté** supplémentaire dans le **choix des débits** (combinaison $R/L/N_L$)

Introduction du système

▪ Insertion du précodage linéaire dans la chaîne de transmission



- Codes d'étalement : **Walsh-Hadamard** (codes orthogonaux)

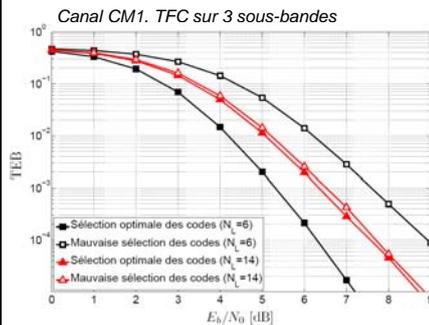
$$\mathcal{H}_L = \begin{bmatrix} \mathcal{H}_{L/2} & \mathcal{H}_{L/2} \\ \mathcal{H}_{L/2} & -\mathcal{H}_{L/2} \end{bmatrix} \quad \forall L = 2^n, n \in \mathbb{N}^*, \mathcal{H}_1 = +1$$

- **96** sous-porteuses utiles : ajout **4** sous-porteuses nulles supplémentaires
- Détection **MMSE mono-utilisateur**
- Adaptation de l'entrelacement

Optimisation du système LP-OFDM

■ Sélection des codes d'étalement

- Le passage dans le canal à trajets multiples brise l'orthogonalité des codes ➔ **apparition d'auto-interférence (SI)**
- Sélection judicieuse des codes d'étalement, quand le système ne fonctionne pas à pleine charge ➔ **minimisation de la SI.**



■ Exemple : $R=1/2$, $L=16$

- $N_L = 6$: **2,7 dB** de gain (TEB = 10^{-4})
- $N_L = 14$: **0,1 dB** de gain (TEB = 10^{-4})



La sélection est d'autant plus déterminante que N_L est faible

Optimisation du système LP-OFDM

■ Choix de la longueur des codes d'étalement (L)

- Grande** longueur des codes d'étalement
 - Meilleure exploitation de la diversité fréquentielle
 - MAIS** : les distorsions introduites par le canal sont plus importantes au sein d'un bloc d'étalement ➔ **augmentation de la SI**
- Faible** rendement de codage (code robuste)
 - Associé à l'entrelacement, il permet une bonne exploitation de la diversité fréquentielle
 - MAIS** : ne permet pas d'atteindre de hauts débits

Nécessité de choisir un bon couple L / R

Optimisation du système LP-OFDM

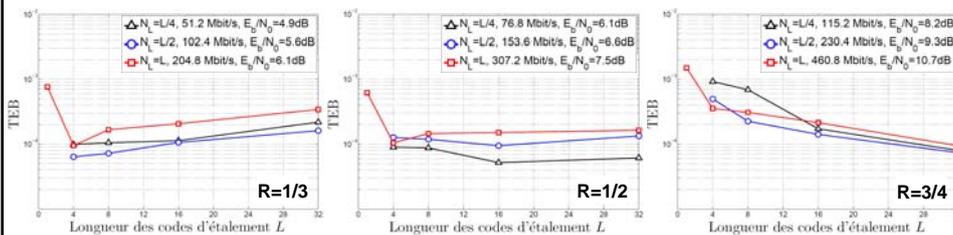
Choix de la longueur des codes d'étalement (L)

- **R faible** : le décodeur exploite la diversité du canal

➔ Réduction de L pour limiter la SI

- **R fort** : le décodeur est moins capable d'exploiter la diversité du canal

➔ Augmentation de L pour compenser cette perte

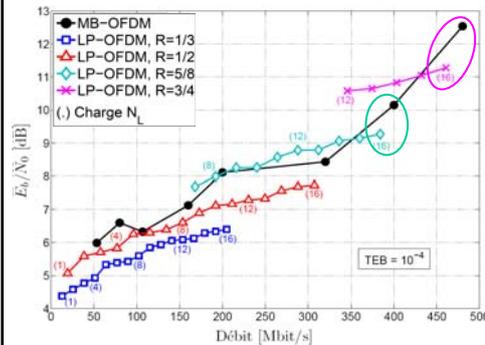


Canal CM1, TFC sur 3 sous-bandes

Performances

LP-OFDM vs. MB-OFDM

Canal CM1, TFC sur 3 sous-bandes, $L=16$



- Codage de canal identique

- **Faibles rendements de codage**

- $R=1/3$: gain de 1,5 dB
- $R=1/2$: gain de 1 dB

- **Forts rendements de codage**

- Gain intéressant uniquement à pleine charge ($N_L = L$)
 - $N_L < L$: $R_{LP} > R_{MB}$ pour les débits plus faibles
- ➔ Nécessité d'accroître L

➔ Gains significatifs pour les débits < 307 Mbit/s

LP-OFDM MIMO

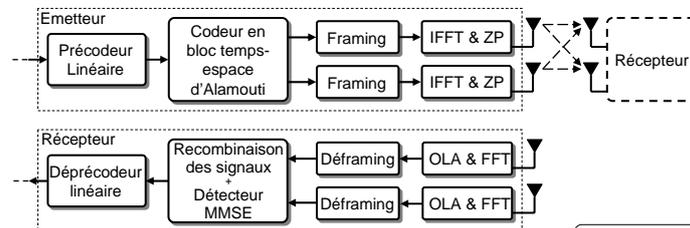
Objectif

- Améliorer la portée du système UWB, schéma MIMO 2 x 2
- Sans augmenter la complexité du récepteur de façon significative

Schéma MIMO retenu : code temps-espace d'Alamouti

- Diversité pleine
- Décodage ML particulièrement simple

Évaluation des performances : canal MIMO UWB (IETR)



LP-OFDM MIMO

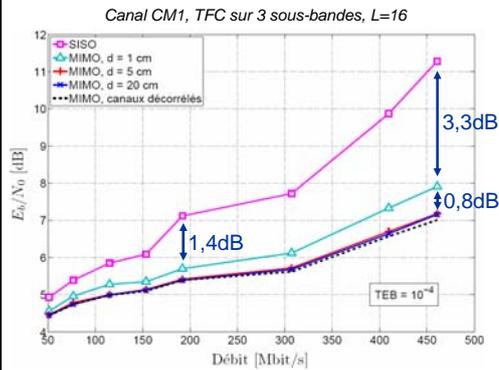
Paramètres

- TFC : changement de fréquence tous les deux temps symboles (Alamouti)
- Débits simulés : proches des débits de la solution MB-OFDM
- $L = 16$

Débit MB-OFDM [Mbit/s]	Débit LP-OFDM MIMO [Mbit/s]	Rendement de codage R	Charge N_L	N_{CBPS}
53.3	51.2	1/3	4	48
80	76.8	1/3	6	72
106.7	115.2	1/3	9	108
160	153.6	1/3	12	144
200	192	1/2	10	120
320	307.2	1/2	16	192
400	409.6	2/3	16	192
480	460.8	3/4	16	192

LP-OFDM MIMO

Performances



- $d = 1\text{cm}$: gain significatif
- Gain croissant avec la distance entre antennes : décorrélation entre les canaux plus importante
- Gain maximal :
 - cas de 4 canaux totalement décorrélés
 - convergence pour $d = 5\text{cm}$

➔ Amélioration de la portée du système

Synthèse

En termes de performances

- **Gains significatifs** par rapport aux performances du système MB-OFDM pour les débits inférieurs à 307 Mbit/s ($R < 1/2$)
- L'extension **MIMO 2x2** offre également un **gain intéressant**, notamment pour les hauts débits

En termes de débits

- La combinaison $R / L / N_L$ permise par le précodage linéaire offre plus de **souplesse pour le choix des débits** de transmission.

En termes de complexité du système

- Les améliorations apportées par l'ajout du précodage linéaire sont obtenues au prix d'une **augmentation minime de la complexité**.

Effets des interférents à bande étroite

- Contexte
- Le signal interférent
- Performances sans détection de l'interférent
- Performances avec détection de l'interférent
- Synthèse

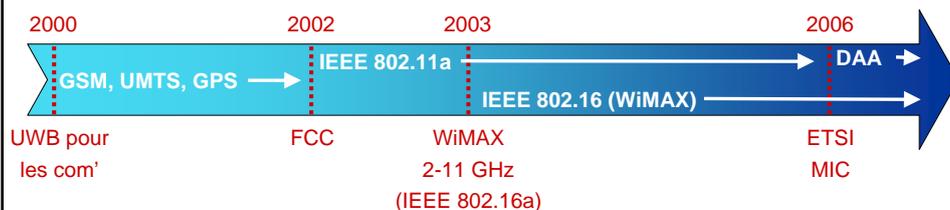
Contexte

- **La cohabitation avec les systèmes à bande étroite est une problématique clé en UWB :**

- Les signaux UWB occupent une très large bande de fréquences
- Ils sont exemptés de licence

Forte probabilité d'une réutilisation des fréquences

- **Evolution générale des études sur la cohabitation**



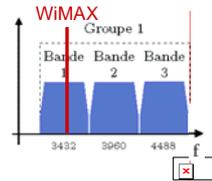
Contexte

Objectifs

- Evaluer l'impact d'un signal interférent à bande étroite sur les systèmes MB-OFDM et LP-OFDM
- Evaluer l'apport de l'étalement de spectre face à un interférent à bande étroite

Le signal interférent utilisé : le WiMAX (IEEE 802.16)

- Déployé à 3.5 GHz
- Forte probabilité que des systèmes WiMAX et UWB se trouvent dans un environnement proche

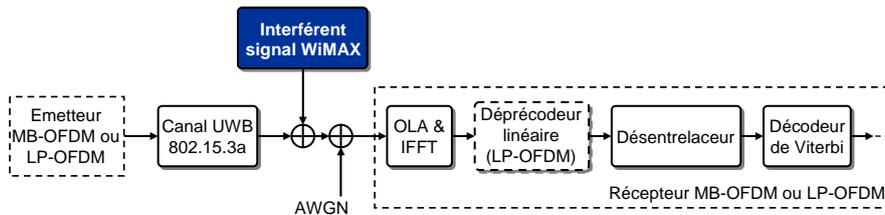


Le signal interférent

Caractéristiques du signal WiMAX

- Largeur de la bande : **20 MHz**
 - Modulation **OFDM**
 - Taille de la FFT : **256**
 - **56** sous-porteuses nulles
- 4 sous-porteuses du signal UWB sont affectées

Insertion de l'interférent dans la chaîne de simulation



Le signal interférent

▪ Evaluation des performances en fonction du rapport signal à interférent (SIR)

- Evalué dans le domaine fréquentiel après la FFT de démodulation
- TFC sur 3 sous-bandes : **un symbole OFDM sur trois affecté**

- Expression du **SIR moyen** :
$$SIR = \frac{\mathcal{E} [|xh|^2]}{\mathcal{E} [|i|^2]} = \frac{P_s}{\frac{1}{3N} \sum_{k=0}^{N-1} \sigma_{NBI,k}^2}$$

Puissance du signal interférent
Nombre de sous-porteuses par symbole (**N=128**)

▪ Deux cas de figures sont considérés :

- Le système UWB **ne détecte pas** le signal interférent :
 - ➔ aucune modification du récepteur.
- Le système UWB **détecte** le signal interférent :
 - ➔ prise en compte de la puissance interférente dans le calcul des valeurs de confiance (LLR).

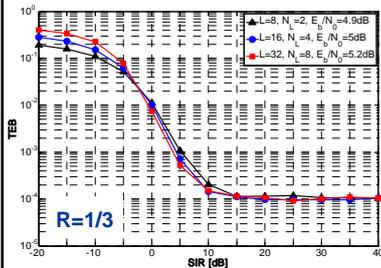
Performances sans détection de l'interférent

▪ Effet de l'interférent en fonction de la longueur des codes

- Paramètres de simulations :
 - Canal **CM1**
 - Longueurs de codes : **L = 8,16 et 32**
 - E_b/N_0 choisi pour que **TEB = 10⁻⁴** en l'absence de brouilleur

Performances sans détection de l'interférent

Effet de l'interférent en fonction de la longueur des codes



Paramètres de simulations :

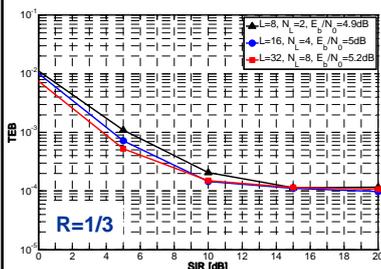
- Canal **CM1**
- Longueurs de codes : **L = 8, 16 et 32**
- E_p/N_0 choisi pour que $TEB = 10^{-4}$ en l'absence de brouilleur

Observations

- Dégradation progressive du TEB quand la puissance interférente croît (SIR diminue)

Performances sans détection de l'interférent

Effet de l'interférent en fonction de la longueur des codes



Paramètres de simulations :

- Canal **CM1**
- Longueurs de codes : **L = 8, 16 et 32**
- E_p/N_0 choisi pour que $TEB = 10^{-4}$ en l'absence de brouilleur

Observations

- Dégradation progressive du TEB lorsque la puissance interférente croît (SIR diminue)
- SIR à partir duquel les performances se dégradent est d'autant plus **faible** que la longueur du code d'étalement est **grande**

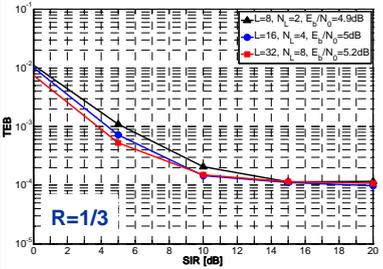


La technologie UWB
La solution MB-OFDM
Le pré-codage linéaire pour l'UWB
Effets des interférents à bande étroite
Conclusion

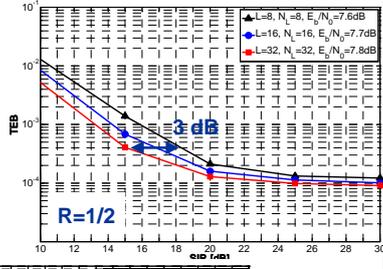
Contexte
Le signal interférent
Performances sans détection de l'interférent
Performances avec détection de l'interférent
Synthèse

Performances sans détection de l'interférent

▪ **Effet de l'interférent en fonction de la longueur des codes**



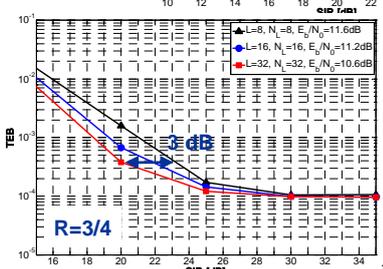
$R=1/3$



$R=1/2$

▪ Observations :

- Ces observations se vérifient d'autant plus que le rendement de codage de canal est élevé.



$R=3/4$

Emeric Gueguen – IETR-INSA 45

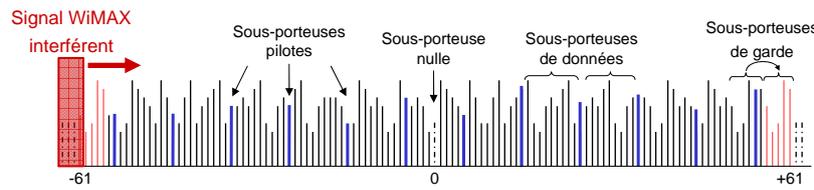


La technologie UWB
La solution MB-OFDM
Le pré-codage linéaire pour l'UWB
Effets des interférents à bande étroite
Conclusion

Contexte
Le signal interférent
Performances sans détection de l'interférent
Performances avec détection de l'interférent
Synthèse

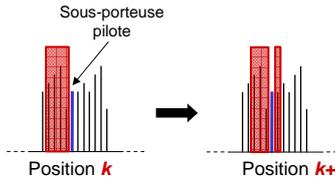
Performances sans détection de l'interférent

▪ **Effet du déplacement de l'interférent**



▪ Courbes : $TEB = f(\text{position du signal interférent})$

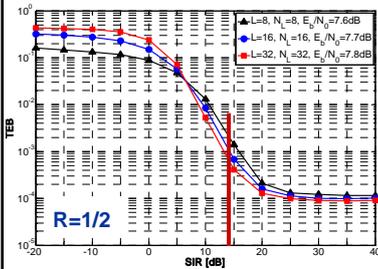
▪ Les sous-porteuses pilotes n'ont pas été prises en compte afin d'améliorer la lisibilité des résultats



Emeric Gueguen – IETR-INSA 46

Performances sans détection de l'interférent

Effet du déplacement de l'interférent

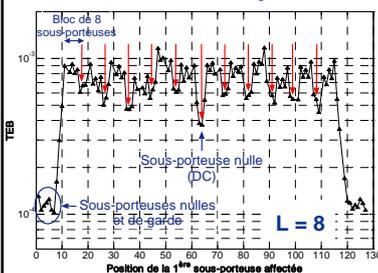


Paramètres de simulations :

- Canal **CM1**
- Rendement de codage **R = 1/2**
- **SIR = 16dB** (zone de décrochage)
- Longueurs de codes testées : **L = 8, 16 et 32**
- E_b/N_0 choisit pour que **TEB = 10^{-4}** en l'absence de brouilleur

Performances sans détection de l'interférent

Effet du déplacement de l'interférent



Paramètres de simulations :

- Canal **CM1**
- Rendement de codage **R = 1/2**
- **SIR = 16dB** (zone de décrochage)
- Longueurs de codes testées : **L = 8, 16 et 32**
- E_b/N_0 choisit pour que **TEB = 10^{-4}** en l'absence de brouilleur

Observations :

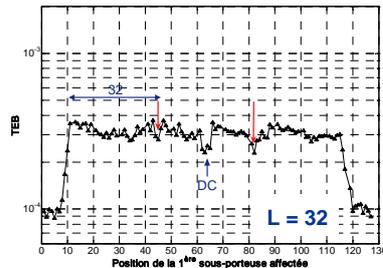
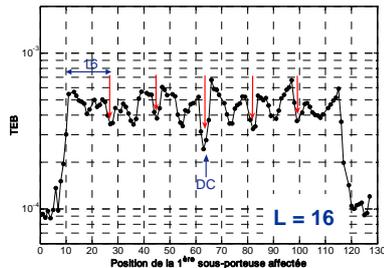
- Présence de **minimums** régulièrement espacés
 - **Période d'apparition** identique à **L**
- } → Signal WiMAX situé entre deux blocs d'étalement

↓
La puissance du signal WiMAX est répartie sur deux blocs d'étalement

Performances sans détection de l'interférent

Effet du déplacement de l'interférent

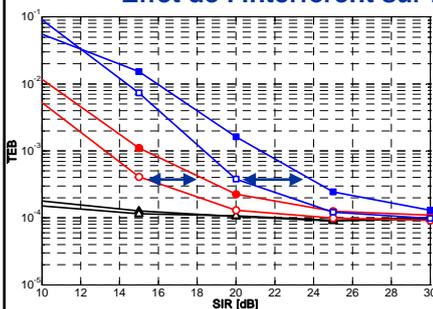
- Augmentation de la longueur des codes (L)



- Les minimums sont moins marqués
- La puissance du signal WiMAX est plus étalée (elle affecte un plus grand nombre de répliques)

Performances sans détection de l'interférent

Effet de l'interférent sur le système MB-OFDM

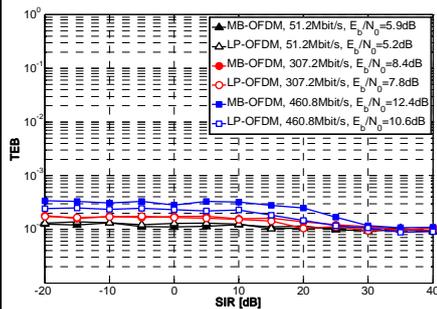


- Paramètres :
 - Canal **CM1**
 - MB-OFDM : **96** sous-porteuses utiles
 - LP-OFDM : **L = 32**
- 51.2 Mbit/s** : courbes quasi identiques
 - Utilisation par la solution MB-OFDM du TDS + FDS + TFC sur 3 sous-bandes
- 307.2 et 460.8 Mbit/s** : meilleure résistance du système LP-OFDM
- Mise en évidence de l'intérêt d'étaler en milieu hostile**

Performances avec détection de l'interférent

Détection de la présence du signal l'interférent

- Prise en compte de la puissance du signal interférent dans le calcul des valeurs de confiance (LLR)
- Performances des systèmes MB-OFDM et LP-OFDM

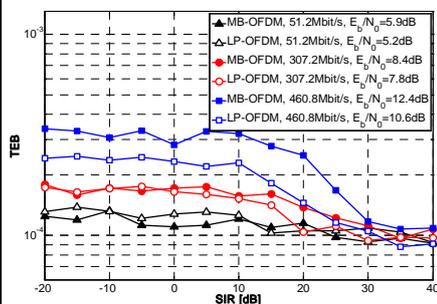


- Dégradation des performances fortement limitées
 - Le décodeur permet de corriger plus efficacement les erreurs

Performances avec détection de l'interférent

Détection de la présence du signal l'interférent

- Prise en compte de la puissance du signal interférent dans le calcul des valeurs de confiance (LLR)
- Performances des systèmes MB-OFDM et LP-OFDM



- Dégradation des performances fortement limitées
 - Codage robuste ($R=1/3$, 51.2 Mbit/s et $R=1/2$, 307.2 Mbit/s), les performances MB-OFDM et LP-OFDM sont similaires.
 - Codage moins robuste ($R=3/4$, 460.8 Mbit/s) l'étalement apporte un léger avantage.

Synthèse

- **Utilisation du précodage linéaire**
 - Réduction de l'impact d'un interférent à bande étroite
 - La puissance de l'interférent est d'autant plus étalée en réception que la longueur des codes L est grande
- **Réduction de l'effet de l'interférent**
 - Optimisation des LLR : limite la dégradation des performances UWB
- **Perspectives**
 - Mise en œuvre de techniques de DAA : utilisation des 4 sous-porteuses supplémentaires par rapport au symbole MB-OFDM

Conclusion

- Contributions
- Perspectives
- Production scientifique

Contributions

Evaluation de la technique LP-OFDM pour l'UWB haut débit pour les WPAN

- **Etude du système MB-OFDM**
- **Ajout du précodage linéaire**
 - Etalement fréquentiel : meilleure exploitation de la diversité
 - Plus grande flexibilité dans le choix des débits ($R / L / N_L$)
 - Augmentation très faible de la complexité (FHT)
- **Optimisation du système**
 - Mise en œuvre d'une technique de sélection des codes d'étalement
 - Optimisation du choix du couple R / L
 - Extension au cas MIMO : augmenter la portée

Contributions

Evaluation de la technique LP-OFDM pour l'UWB haut débit pour les WPAN

- **Performances**
 - **SISO** : gain très net pour les « faibles » débits par rapport au système MB-OFDM
 - **MIMO** : gains significatifs notamment pour les débits élevés
- **Effet d'un signal interférent à bande étroite**
 - L'étalement offre une meilleure robustesse face à l'interférent
 - Résiste d'autant mieux que L est grand

Perspectives

- **Etude de l'effet des interférents à bande étroite**
 - Développement de solutions de détection et d'évitement (DAA)
- **Optimisation du système**
 - Etude plus approfondie sur l'entrelacement
- **MIMO LP-OFDM**
 - Etudier d'autres schémas de transmission MIMO (Golden code, multiplexage spatial...)
- **Approche systémique**
 - Optimisation inter-couche du système

Production scientifique

- **Publications**
 - E. Guéguen, N. Madaoui, J.-F. Héléard et M. Crussière, « Combinaison of OFDM and CDMA for high data rate UWB. », **C.R. Physique 7** (2006), pages 774-784.
 - A. Stephan, E. Guéguen, M. Crussière, J.-Y. Baudais et J.-F. Héléard, « Optimization of linear precoded OFDM for high-data-rate UWB systems. », **EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking**, vol. 2008, Article ID 317257, 11 pages, 2008.
- **Communications internationales**
 - E. Guéguen, M. Crussière et J.-F. Héléard, « An OFDM-CDMA scheme for high data rate UWB applications. », In Proc. **IEEE 65th VTC-Spring**, avril 2007.
 - E. Guéguen, M. Crussière et J.-F. Héléard, « Combinaison of OFDM and spread spectrum for high data rate UWB: optimization of the spreading length. », In Proc. **ICUWB**, septembre 2007.
- **Communication nationale**
 - E. Guéguen, N. Madaoui et J.-F. Héléard, « Combinaison des techniques OFDM et CDMA pour l'UWB haut débit. », **Journées scientifiques du CNFRS**, mars 2005.

Etude et optimisation des techniques UWB haut débit multibandes OFDM

Emeric GUEGUEN

Thèse de doctorat de l'INSA de Rennes
Spécialité Electronique

- 14 janvier 2009 -