





INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

Amplification non-linéaire d'un multiplex de porteuses modulées à fort facteur de crête

Sidkièta ZABRE
IETR-Supélec
Équipe SCEE

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164    



INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

Contenu de la présentation

A. Premier axe de recherche



A1. Contexte de l'étude: La Radio Logicielle


- Historique et état de la Recherche en Radio Logicielle
- Intérêts de la Radio Logicielle
- Architectures

A2. Nos contributions: Analyse du Power Ratio

- Définitions des PR
- Modélisation des signaux
- Rapprochement des signaux OFDM et Radio Logicielle
- Étude et Analyse Power Ratio

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164    

 **Contenu de la présentation**

B. Deuxième axe de recherche

B1. État de l'art des techniques de traitement des non-linéarités





- Classification des méthodes
- Méthode « Tone Reservation »

B2. Nos contributions: Méthode de réduction du Power Ratio

- Optimisation convexe
- Amélioration de la méthode « Tone Reservation »
- Méthode des porteuses fantômes

C. Conclusion et Perspectives

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164    

 **Contenu de la présentation**

A. Premier axe de recherche

A1. Contexte de l'étude: La Radio Logicielle

- **Historique et état de la Recherche en Radio Logicielle**
- **Architectures Radio Logicielle**

A2. Nos contributions: Analyse du Power Ratio

- Définitions des PR
- Modélisation des signaux
- Rapprochement des signaux OFDM et Radio Logicielle
- Étude et Analyse Power Ratio

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164    

A1. La Radio Logicielle (1/6)

1. Historique et état de la Recherche en Radio Logicielle

Pour la flexibilité des réseaux (applications, services, mise à jour)

- Communications universelles
- Accès sécurisé
- Contenu multimédia

Capacité et services

1980 1990 2000 2010 2020

1G technologie analogique

2G Voix, données numériques

3G Services multimedia

4G multimedia très haut débit (> 2 Mb/s)

Radio logicielle

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

INSAsupelec

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

A1. La Radio Logicielle (2/6)

1. Historique et état de la Recherche en Radio Logicielle

☐ Communiquer

- En tout lieu
- Sur tout support (câble, satellite, hertzien)
- Avec tout service (voix, transmission de données, diffusion)

macro cellule

micro cellule

→ Terminal Universel

- Interface Radio Reconfigurable
- Protocole d'accès commun

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

INSAsupelec

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

1. Historique et état de la Recherche en Radio Logicielle

□ Acteurs

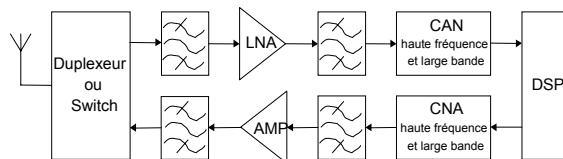
- Universitaires
- Industriels et star-up
- Opérateurs de télécommunications

□ Vulgarisation

- Forums
- Revues scientifiques
- Conférences

2. Architectures

□ La Radio Logicielle Idéale



□ La Radio Logicielle Restreinte



A1. La Radio Logicielle (6/6)

2. Architectures

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

Contenu de la présentation

A. Premier axe de recherche

A1. Contexte de l'étude: La Radio Logicielle

- Historique et état de la Recherche en Radio Logicielle
- Architectures Radio Logicielle

A2. Nos contributions: Analyse du Power Ratio

- Définitions des Power Ratio
- Modélisation des signaux
- Rapprochement des signaux OFDM et Radio Logicielle
- Étude et analyse du Power Ratio

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164



A2. Analyse du Power Ratio (1)

Premier constat :

Il existe une importante variété de définitions similaires au PAPR :

- PMEPR : Peak to Mean Envelop Power Ratio
- CR : Crest Factor
- PEP : Peak Envelop Power

⇒ *nécessité d'uniformiser ces définitions*

Introduction du Power Ratio (PR)

Déclinaison du PR selon le PAPR, PMEPR, CF, PEP,

Deuxième constat :

On doit prendre en compte l'état du signal et le temps d'intégration



A2. Analyse du Power Ratio (1)

1. Définitions des Power Ratio

Définition générale :

$$PR = \frac{\text{Max}\{S^2\}}{E\{S^2\}}$$

Cas de figure possibles :

État du signal

Continu

Échantillonné

Temps
d'intégration

f_{ini}
PR_{c,f}

infini
PR_{c,i}

f_{ini}
PR_{s,f}





infini
PR_{s,i}

A2. Analyse du Power Ratio (I)

1. Définitions des Power Ratio

Cas continu, infini et fini	Cas discret, infini et fini
$PR_{c,i}\{s(t)\} = \frac{Max s(t) ^2}{E\{ s(t) ^2\}}$	$PR_{s,i}\{s(k)\} = \frac{Max s(k) ^2}{E\{ s(k) ^2\}}$
$PR_{c,f}(T)\{s(t)\} = \frac{Max_{[0,T]} s(t) ^2}{\frac{1}{T} \int_T s(t) ^2 dt}$	$PR_{s,f}(N)\{s(k)\} = \frac{Max_{k \in [0,N-1]} s(k) ^2}{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s(k) ^2}$
$\lim_{T \rightarrow +\infty} PR_{c,f}(T) = PR_{c,i}$	$\lim_{N \rightarrow \infty} PR_{s,f}(N) = PR_{s,i}$

$s(t)$: bande de base ou RF

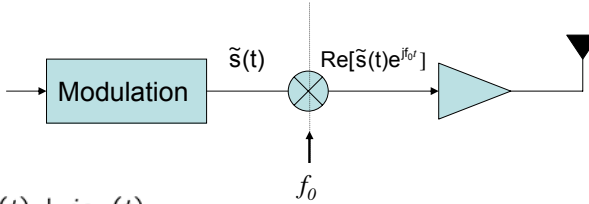
UMR 6164    

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

A2. Analyse du Power Ratio (II)

1. Définitions des Power Ratio

Lien entre le PR et les relations usuelles



$\tilde{s}(t) = s_I(t) + js_Q(t)$

$$PMEPR\{\tilde{s}(t)\} = \frac{Max|\tilde{s}(t)|^2}{E\{|\tilde{s}(t)|^2\}}$$





$$PMEPR = \widetilde{PR}_{c,i}$$

Bande de base

$$PAPR\{\tilde{s}(t)\} = \frac{Max|Re\{\tilde{s}(t)e^{j\omega_0 t}\}|^2}{E\{|Re\{\tilde{s}(t)e^{j\omega_0 t}\}|^2\}}$$

$$PAPR = PR_{c,i}$$

RF

UMR 6164    

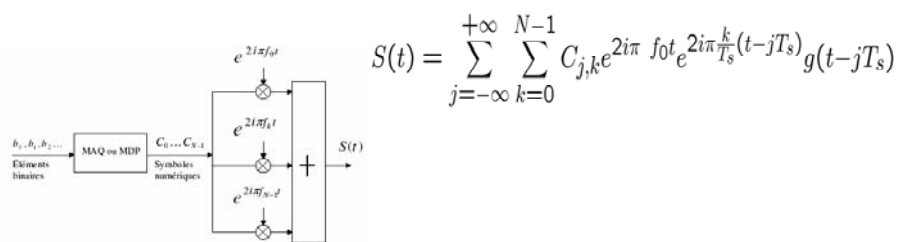
Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

2. Modélisation des signaux

□ Signaux OFDM

L'idée maîtresse dans la formation du signal OFDM, c'est l'usage du multiplexage fréquentiel de sous-porteuses sous certaines conditions d'orthogonalité.

La contrainte d'orthogonalité constitue le fondement de la modulation OFDM.



2. Modélisation des signaux

□ Signaux multistandard

Les signaux issus d'une architecture Radio Logicielle peuvent être de différentes sortes. Mais d'une façon générale ces signaux seront composites, c'est à dire très large bande et contenant plus d'un standard. Dans tous les cas de figures, il s'agira d'un multiplex de porteuses modulées.

$$x(t) = \sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} (fem_i(t) * m_{i,p}(c(t))) e^{2i\pi f_{i,p} t}$$

où

$\{ m_{i,p}(t) \}$ est la modulation relative à la porteuse p du standard i

$\{ fem_i(t) \}$ est le filtre de mise en forme utilisé dans le standard i

$\{ s \}$ le nombre de standards

$\{ P_i \}$ le nombre de porteuses dans le standard i .

A2. Analyse du Power Ratio (I)

INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

3. « Équivalence » entre signaux OFDM et multistandard

✓ *Équivalence temporel*

Cas OFDM

Cas Radio Logicielle

✓ *Équivalence fréquentiel*

Spectre OFDM

Spectre d'un multiplex de porteuses GSM

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

A2. Analyse du Power Ratio (II)

INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

4. Caractérisation du Power Ratio

$$s_e(n) = \sum_k b_k \delta(n - kT)$$

Le PR en entrée de l'amplificateur dépend des blocs d'émission
Ce système peut être vu comme un système entrée / sortie

$$s_e(n) = \sum_k b_k \delta(n - kT)$$

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

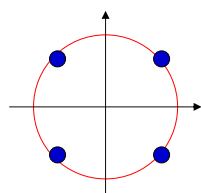
UMR 6164

4. Caractérisation du Power Ratio: en mono-porteuse

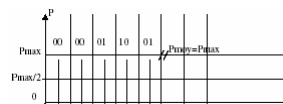
- Prise en compte du sur-échantillonnage dans le calcul du Power Ratio

Hypothèse : modulation QPSK

Cas trivial : à F_s (ie $L=1$) , le $PR_{s,i}$ vaut 0 dB



$$P_{\max} = P_{\text{mean}}$$



Objectif : trouver le $PR_{s,i}$ pour un facteur de sur-échantillonnage de N

4. Caractérisation du Power Ratio: en mono-porteuse

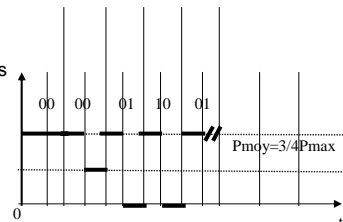
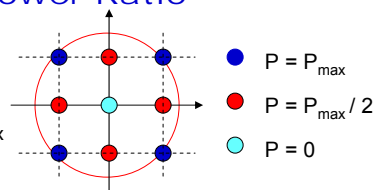
- Prise en compte du sur-échantillonnage dans le calcul du Power Ratio

Première étape : $F = 2F_s$

Pendant une demie période, on se situe à P_{\max}

Pendant l'autre demie période, on se situe à mi chemin entre deux symboles :

- une chance sur 4 que les symboles soient les mêmes
- une chance sur 2 que les symboles soient voisins (on passe par $P_{\max}/2$)
- une chance sur 4 que les symboles soient diamétralement opposés (passage par 0)



$$P_{\text{moyenne}} = \frac{P_{\max}}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{P_{\max}}{4} + \frac{P_{\max}}{2 \times 2} + \frac{0}{4} \right)$$

A2. Analyse du Power Ratio (I)

INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES


□ Prise en compte du sur-échantillonnage dans le calcul du Power Ratio

- Pour $F = 2F_s$ (QPSK) $PR_{s,j} = 1,25 \text{ dB}$
- Généralisation pour $F = NF_s$
(Raisonnement par récurrence) :

On obtient : $P_{\text{moyenne}} = \frac{1 + 2N^2}{3N^2} P_{\text{max}}$

Et pour N infini, $PR_{\text{lim}} = 1,76 \text{ dB}$

C'est la valeur limite du PR en QPSK non filtré
C'est une sous estimation du PR filtré => prise en compte du filtre

UMR 6164 

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

A2. Analyse du Power Ratio (I)

INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

4. Caractérisation du Power Ratio: en mono-porteuse


□ Influence du filtrage sur le Power Ratio

Hypothèse : filtrage de Nyquist, modulation BPSK, QPSK

$$\left\{ \begin{array}{l} s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_k p(t - kT) \\ p(t) = \frac{\sin(\frac{\pi t}{T_s}) \cos(\frac{\pi \beta t}{T_s})}{\frac{\pi t}{T_s} \left(1 - \frac{4\beta^2 t^2}{T_s^2} \right)} \end{array} \right.$$

Le calcul du PR nécessite le calcul de :

- la puissance moyenne de $s(t)$
- l'identification du maximum de $s^2(t)$

UMR 6164 

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

A2. Analyse du Power Ratio (I)

4. Caractérisation du Power Ratio: en mono-porteuse


□ Influence du filtrage sur le Power Ratio

- En BPSK $P_{\text{moyenne}} = \sigma_c^2 \left(1 - \frac{\beta}{4}\right)$
- Calcul de la puissance maximale

$\beta = 0$
 $t = -T_s/2$
 $a_k = (-1)^k$

$\Rightarrow s(t = \frac{-T_s}{2}) = \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{1+2k} \Rightarrow$ La série est divergente

$PR_{c,i}\{s(t), \beta = 0\} = +\infty$

UMR 6164 

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

A2. Analyse du Power Ratio (II)


4. Caractérisation du Power Ratio: en mono-porteuse

□ Influence du filtrage sur le Power Ratio

- $\beta \neq 0$

On montre aisément que la série converge \Rightarrow le PR existe
 Inégalité de Schwartz,

$$|s(t)|^2 \leq \underbrace{\sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi}{T_s}(t-k)\right)}{\frac{\pi}{T_s}(t-k)} \right]^2}_{\text{terme} \leq 1 (\cong 1)} \underbrace{\sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{T_s}(t-k)\right)}{1 - 4\left[\frac{\beta}{T_s}(t-k)\right]^2} \right]^2}_{\text{Étude de la somme de la série}}$$

UMR 6164 

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007



A2. Analyse du Power Ratio (I)

Simplification d'écriture : $T_s = 1$

On pose :

$$\phi(t) = \sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{\cos(\pi\beta(t-k))}{1-4\beta^2(t-k)^2} \right]^2$$

On montre que $\phi(t)$ présente un maximum pour $t = N/2$

On en déduit que

$$\phi\left(t = \frac{N}{2}\right) = 1 + 2 \sum_{k=1}^{N/2} \left[\frac{\cos(\pi\beta k)}{1-4\beta^2 k^2} \right]^2$$

Par Taylor-Mac Laurin :

$$\sum_{k=1}^{N/2} \left[\frac{\cos(\pi\beta k)}{1-4\beta^2 k^2} \right]^2 = \int_0^{N/2} \left[\frac{\cos(\pi\beta t)}{1-4\beta^2 t^2} \right]^2 dt - \frac{1}{2}$$

Reste à identifier l'intégrale



A2. Analyse du Power Ratio (II)

Application du théorème des résidus :

$$\lim_{N \rightarrow +\infty} \int_0^{N/2} \left[\frac{\cos(\pi\beta t)}{1-4\beta^2 t^2} \right]^2 dt = \frac{\pi^2}{16\beta}$$

Conclusion :

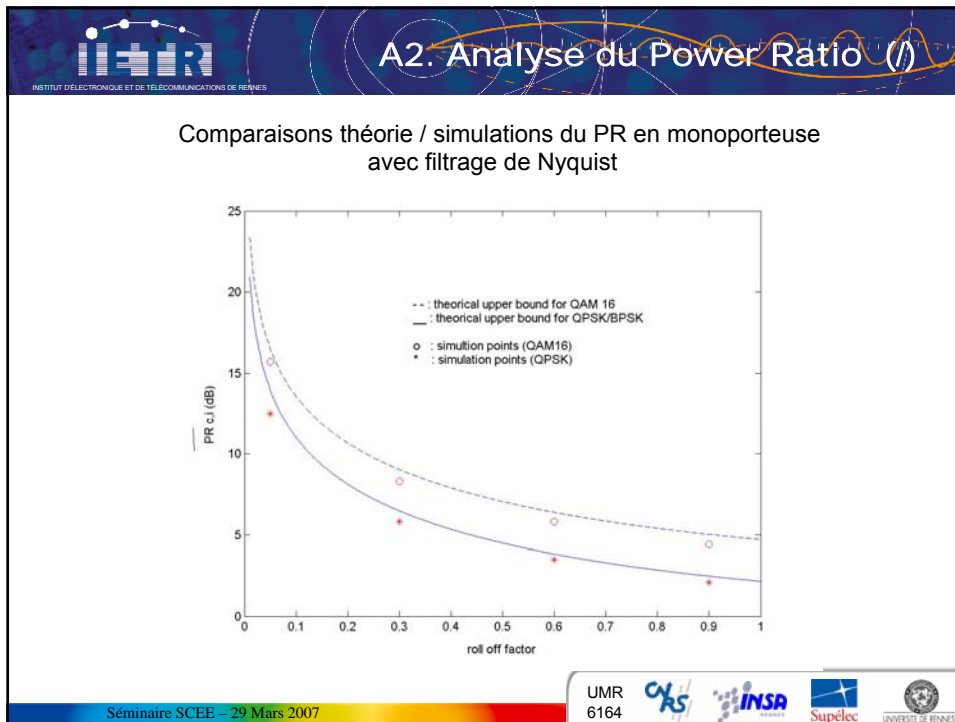
$$\text{PR}_{c,i}\{s(t), \beta \neq 0\} \leq \frac{\pi^2}{8\beta(1-\frac{\beta}{4})}$$

En BPSK

Généralisation :

$$\text{PR}_{c,i}\{s(t), \beta \neq 0\} \leq \left[\frac{\text{Max}(a_k)}{\sigma_a} \right]^2 \frac{\pi^2}{8\beta(1-\frac{\beta}{4})}$$

En QAM



A2. Analyse du Power Ratio (II)

4. Caractérisation du Power Ratio: en multi-porteuse

- Nouvelle approche du PR DE L'OFDM: calcul sur plusieurs symboles

Hypothèse : N_s symboles OFDM

$$S(t) = \sum_{j=1}^{N_s} S_j(t) \quad \text{avec} \quad S_j(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_{j,k} e^{2i\pi f_k(t-jT_s)} \chi(t-jT_s)$$

Nous montrons que:

$$PR_{N_s} = \frac{\max_j (\max_k |S_j(t)|^2)}{\frac{1}{N_s} \sum_{j=0}^{N_s} E\langle |S_j(t)|^2 \rangle}$$

et:

$$PR_{N_s} \leq N \frac{\max_j (\max_k |C_{j,k}|^2)}{\frac{1}{N_s} \sum_{j=0}^{N_s} E\langle |C_{j,k}|^2 \rangle}$$

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

A2. Analyse du Power Ratio (I)

4. Caractérisation du Power Ratio: en multi-porteuse

□ Nouvelle approche du PR DE L'OFDM: calcul sur plusieurs symboles

Evolution du PR théorique et simulé pour 1 symbole et 1e4 symboles

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

A2. Analyse du Power Ratio (II)

4. Caractérisation du Power Ratio: en multi-porteuse

□ Nouvelle approche du PR DE L'OFDM: Vision Porteuse par porteuse

f_0	f_1			f_{N-1}		
C_{10}	C_{11}			C_{1N-1}	$S_1(t)$	$P_{R_{OFDM}}$
C_{20}	C_{21}			C_{2N-1}	$S_2(t)$	$P_{R_{OFDM}}$
C_{Ns0}	C_{Ns1}			C_{NsN-1}	$S_{Ns}(t)$	$P_{R_{OFDM}}$
$P_0(t)$	$P_1(t)$			$P_{N-1}(t)$	$S(t)$	$P(t)$
PR_{por}^0	PR_{por}^1			PR_{por}^{N-1}		PR_{NS}

Hypothèse : N_s symboles OFDM

$$P_k(t) = \sum_{j=1}^{N_s} C_{j,k} e^{2i\pi f_k(t-jT_s)} g(t-jT_s)$$

$$S_j(t) = \sum_{k=0}^{N-1} C_{j,k} e^{2i\pi f_k(t-jT_s)} g(t-jT_s)$$

Même Power Ratio car même signal

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

4. Caractérisation du Power Ratio: en multi-porteuse

□ Nouvelle approche du PR DE L'OFDM: Vision Porteuse par porteuse

$$PR_{N_s} \leq \frac{\sum_{k=1}^N P_m(C(k)) \times PR_{por}^k + \max_u (\max_h \lambda(u, n))}{\sum_{k=1}^N P_m(C(k))}$$

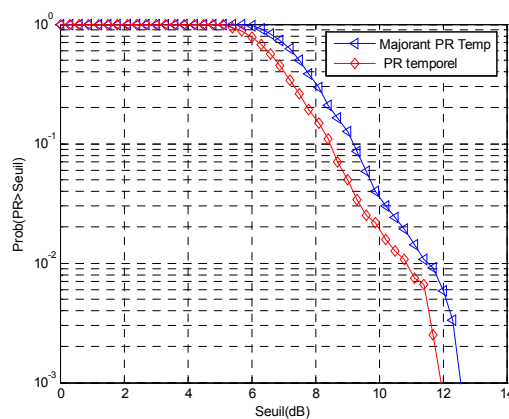
avec

$$P_m(C(k)) = \frac{1}{N_s} \sum_{u=1}^{N_s} |C_{u,k}|^2$$

$$\lambda(u, n) = \sum_{p=1}^{N_p} C_{u,p} \sum_{p' \neq p} C_{u,p'}^* e^{j2\pi \frac{(n-1)(p-1)}{N_p}}$$

4. Caractérisation du Power Ratio: en multi-porteuse

□ Nouvelle approche du PR DE L'OFDM: Vision Porteuse par porteuse





A2. Analyse du Power Ratio (I)

4. Caractérisation du Power Ratio: en multistandard

Soit le signal multistandard:
$$x(t) = \sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} r_{i,p}(t) e^{2i\pi f_{i,p}t}$$

La puissance instantanée est donnée par:

$$\begin{aligned} |x(t)|^2 &= \left(\sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} r_{i,p}(t) e^{2i\pi f_{i,p}t} \right) \left(\sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} r_{i,p}^*(t) e^{-2i\pi f_{i,p}t} \right) \\ &= \sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} |r_{i,p}(t)|^2 + \sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} \sum_{p' \neq p} r_{i,p}(t) r_{i,p'}^*(t) e^{2i\pi(f_{i,p} - f_{i,p'})t} \\ &\quad + \sum_{i=1}^s \sum_{i' \neq i} \sum_{p=1}^{P_i} \sum_{p' \neq p} r_{i,p}(t) r_{i',p'}^*(t) e^{2i\pi(f_{i,p} - f_{i',p'})t} \end{aligned}$$



A2. Analyse du Power Ratio (I)

4. Caractérisation du Power Ratio: en multistandard

On montre que:

$$\max_t |x(t)|^2 \leq \left(\sum_{i=1}^s P_i^2 + \sum_{i=1}^s \sum_{i' \neq i} P_i P_{i'} \right) \max_t (|r_{i,p}(t)|^2)$$

et:

$$\begin{aligned} E(|x(t)|^2) &\geq E\left(\sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} |r_{i,p}(t)|^2\right) \\ &\geq \sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} E(|r_{i,p}(t)|^2) \end{aligned}$$

Par suite:

$$PR \leq \frac{\sum_{i=1}^s P_i^2 + \sum_{i=1}^s \sum_{i' \neq i} P_i P_{i'}}{\sum_{i=1}^s \sum_{p=1}^{P_i} E(|r_{i,p}(t)|^2)} \max_t (|r_{i,p}(t)|^2)$$

INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

Signal à fort PR

Signal multistandard

HPA

Amplificateur de puissance

PROBLÈMES

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

INSISA

Supélec

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

Signal MAQ-16

HPA

1 – Déformation de la constellation

2 – Dégradation du TEB

3 – Remontée des lobes secondaires

4 – Intermodulation

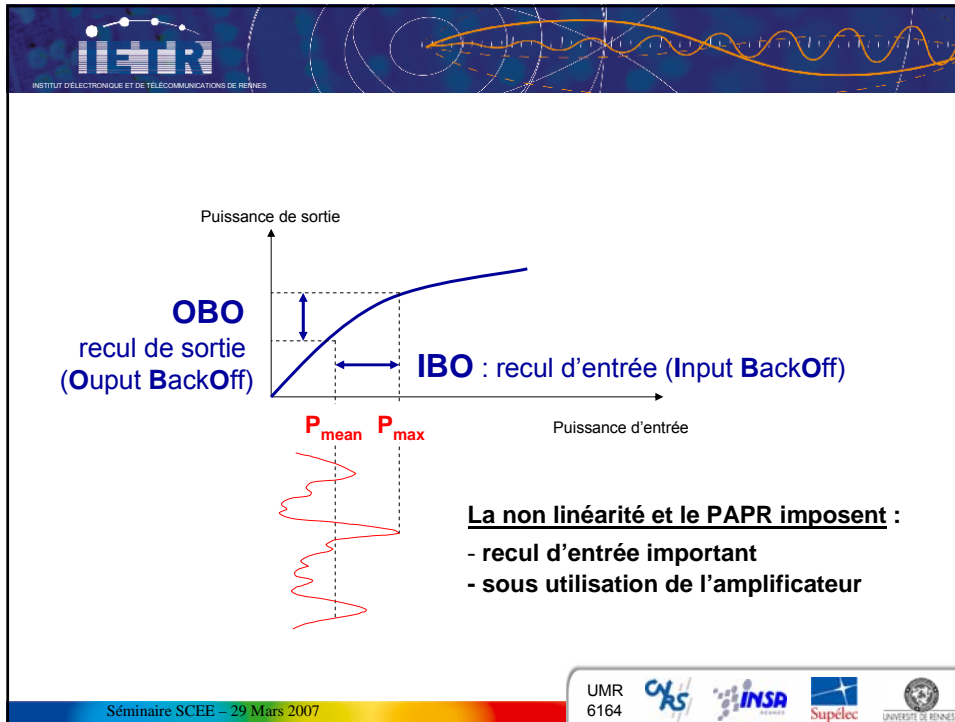
Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

INSISA

Supélec

UNIVERSITÉ DE RENNES 1



Contenu de la présentation

B. Deuxième axe de recherche

B1. État de l'art des techniques de traitement des non-linéarités

- Classification des méthodes
- Méthode « Tone Reservation »

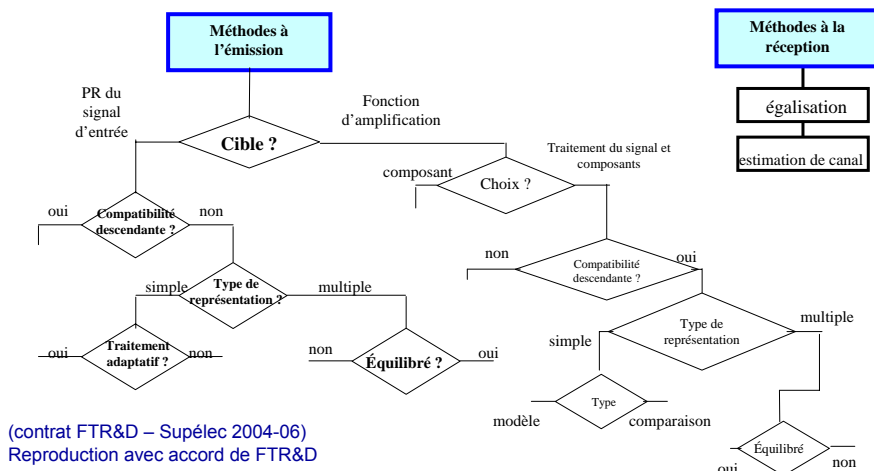
B2. Nos contributions: Méthode de réduction du Power Ratio

- Optimisation convexe
- Amélioration de la méthode « Tone Reservation »
- Méthode des porteuses fantômes

UMR 6164

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

1. Classification synthétique des méthodes

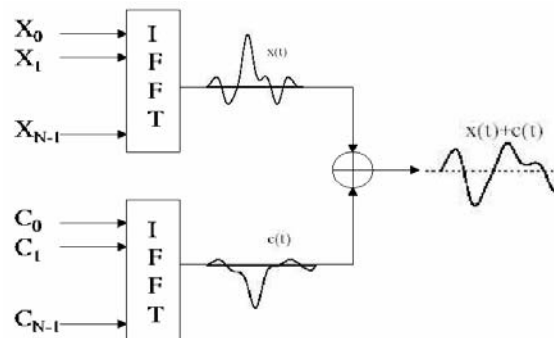


(contrat FTR&D – Supélec 2004-06)
Reproduction avec accord de FTR&D

2. Méthode « Tone Reseravation »

L'objectif de la méthode TR est de trouver un signal correcteur c tel que ajouté au signal utile x diminuerai le PR de ce dernier sans augmenter la puissance moyenne du signal résultant.

Le schéma de principe d'une telle méthode est donné comme suit:



2. Méthode « Tone Reservation »

Dans ces conditions, le PR du signal résultant s'écrit:

$$PR\{x+c\} = \frac{\text{Max}_{0 \leq k \leq NL-1} (|x_k + c_k|^2)}{E(|x+c|^2)}$$

Par suite, le problème de réduction du PR est mis sous forme de problème d'optimisation convexe et s'écrit:

$$\min_c \max_k |x_k + c_k|$$

De plus, la méthode impose aux symboles fréquentiels d'être orthogonaux:

$$X + C = \begin{cases} X_k & k \in \Omega^c \\ C_k & k \in \Omega \end{cases}$$

avec $\Omega = \{i_0, i_2, \dots, i_{R-1}\}$ l'ensemble des indices ordonnés des porteuses réservées

2. Méthode « Tone Reservation »

Pour des raisons de simplification le problème est modélisé sous forme d'une Programmation Linéaire ce qui implique que les signaux bande de base utile et correcteur doivent être réels .

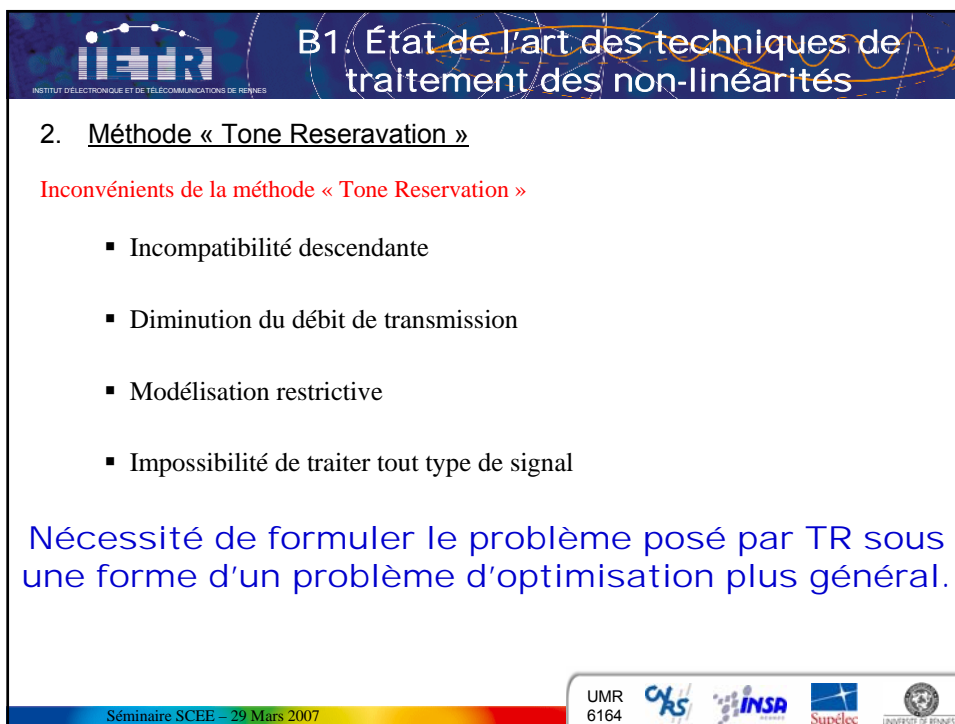
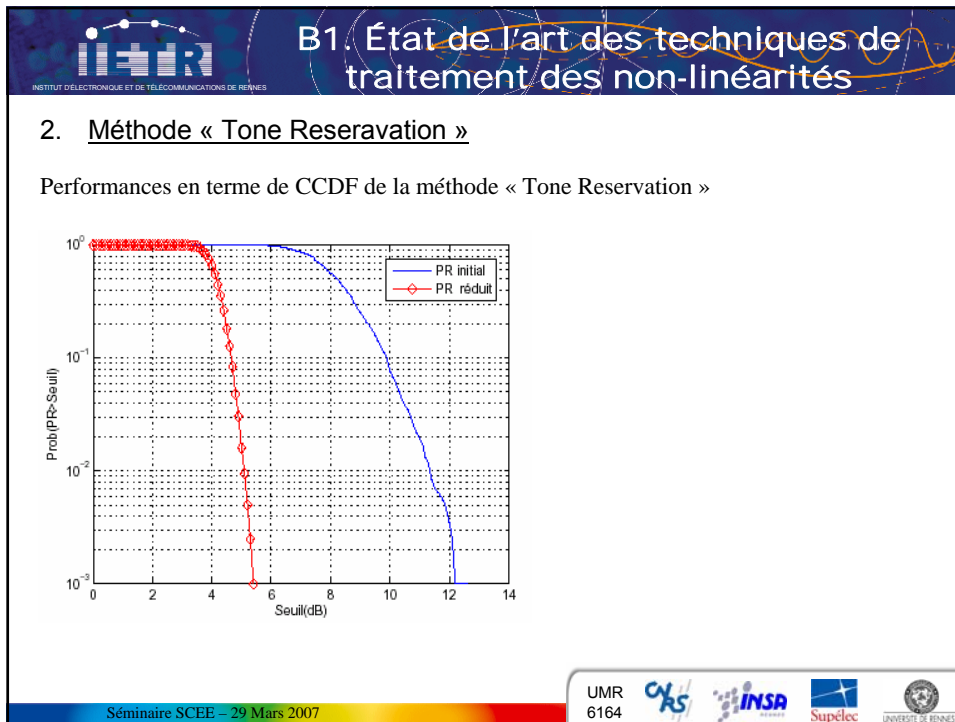
Pour ce faire les symboles dans le domaine fréquentiel doivent vérifier la propriété de symétrie hermitienne:

$$C_k = (C_{N-k})^*, C_0 \text{ et } C_{N/2} \in \mathfrak{R}$$

Le problème de réduction du PR s'écrit alors:

$$\text{Min } t$$

$$\text{sous: } \begin{pmatrix} \bar{Q} & -1_{NL} \\ -\bar{Q} & -1_{NL} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{C} \\ t \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} -x \\ x \end{pmatrix}$$



Contenu de la présentation

B. Deuxième axe de recherche

B1. État de l'art des techniques de traitement des non-linéarités

- Classification des méthodes
- Méthode « Tone Reservation »

B2. Nos contributions: Méthode de réduction du Power Ratio

- **Optimisation convexe**
- **Amélioration de la méthode « Tone Reservation »**
- **Méthode des porteuses fantômes**

UMR 6164

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reservation »

Pour pallier les inconvénients de la méthode TR, nous re-modélisons le problème de réduction du PR sous forme **SOCP**.

Ainsi le problème de réduction du Power Ratio: $\min_C \max_k |x_k + q_{k,L} C|$

qui est équivalent: $Min \quad t$

$$sous: \quad \left| x_k + \hat{q}_{k,L} \hat{C} \right| \leq t \quad k=0,1,\dots,NL-1$$

avec $\hat{C} = [c_{i_0} \quad c_{i_1} \quad \dots \quad c_{i_{d-1}}]$

peut s'écrire sous forme d'un SOCP:

$$\min \quad f^T x$$

$$sous: \quad \|A_i x + b_i\|_2 \leq c_i^T x + d_i, \quad i=1,\dots,m$$

$$Fx = g$$

UMR 6164

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reservation »

Nous montrons que:

$$f^T = [0 \ \dots \ 0 \ 1] \in \mathbb{R}^{2d+1} \quad y^T = [\Re(C_0) \ \Im(C_0) \ \dots \ \Re(C_{d-1}) \ \Im(C_{d-1}) \ t] \in \mathbb{R}^{2d+1}$$

$$A_k = \begin{pmatrix} \cos 2\pi_0 \frac{k}{NL} & -\sin 2\pi_0 \frac{k}{NL} & \dots & \cos 2\pi_r \frac{k}{NL} & -\sin 2\pi_{d-1} \frac{k}{NL} \\ \sin 2\pi_0 \frac{k}{NL} & \sin 2\pi_0 \frac{k}{NL} & \dots & \sin 2\pi_r \frac{k}{NL} & \sin 2\pi_{d-1} \frac{k}{NL} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{2 \times (2d+1)} \quad h_k = \begin{bmatrix} \Re(x_k) \\ \Im(x_k) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$$

$$e_k^T = [0 \ \dots \ 0 \ 1] \in \mathbb{R}^{2d+1}$$

$$g_k = 0 \in \mathbb{R}$$

Il est utile de noter que nous considérons les porteuses non utilisées (NU) des standards comme porteuses dédiées à la réduction du PR. Ce choix judicieux assure alors à notre proposition d'être à compatibilité descendante; de plus le taux d'erreur binaire n'est pas dégradé.

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

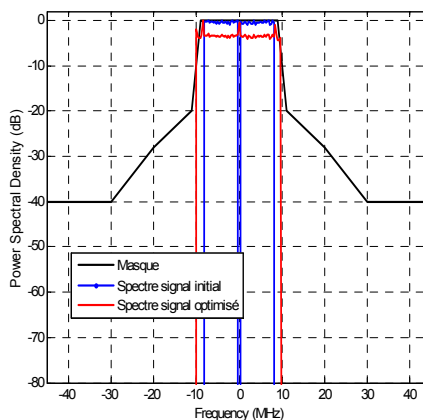
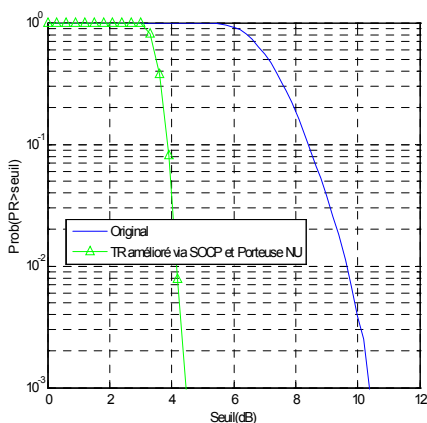
UMR 6164



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reservation »

Performances en terme de CCDF et spectres des signaux issus de la méthode TR améliorée:



Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164





B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reseravation »

Les bonnes performances données par la CCDF cache en réalité un inconvénient inhérent à toutes les méthodes « ajout de signal » ie l'apparition d'une puissance additionnelle visible sur les spectres.

La puissance moyenne relative transmise vaut:

$$\Delta E = 10 \log_{10} \frac{E(\|x+c\|^2)}{E(\|x\|^2)}$$

D'où une contrainte sur la puissance moyenne relative:

$$\Delta E \leq \gamma_{dB}$$

C'est à dire:

$$E(\|x+c\|^2) \leq \lambda E(\|x\|^2)$$

avec

$$\lambda = 10^{\frac{\gamma}{10}}$$



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reseravation »

Le problème d'optimisation contraint s'écrit alors:

$$\begin{array}{ll} \text{Min} & t \\ \text{sous :} & \left| x_k + \hat{q}_{k,L} \hat{C} \right| \leq t \quad k = 0, 1, \dots, NL - 1 \\ & \left\| x + \hat{q}_{k,L} \hat{C} \right\| \leq \sqrt{\lambda K} \end{array}$$

avec $K = NL \cdot E(\|x\|^2)$

Nous parlons alors de C-SOCP avec contrainte sur la puissance moyenne relative

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reseravation »

Performances de la modélisation C-SOCP avec contrainte sur la puissance moyenne relative

Graph 1: Prob(PR>seuil) vs Seuil (dB). The y-axis is logarithmic from 10⁻³ to 10⁰. The x-axis is linear from 0 to 12 dB. Curves are shown for Original (blue), γ=0.2 (red), γ=0.4 (magenta), γ=0.6 (cyan), γ=0.8 (black), and γ=1 (purple). A green curve is labeled 'sans contrainte'. A vertical dashed line is at approximately 4.5 dB.

Graph 2: Power Spectral Density (dB) vs Frequency (MHz). The y-axis is linear from -80 to 0 dB. The x-axis is linear from -40 to 40 MHz. A black line represents the 'Masque' (mask). A blue line represents the 'Spectre signal initial' and a red line represents the 'Spectre signal optimisé'. The title is γ=0.6 dB.

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reseravation »

Toujours de le but de contrôler la puissance additionnelle, nous modélisons le problème de réduction du PR sous forme **C-SOCP avec contrainte sur les porteuses NU**.

Le problème d'optimisation contraint s'écrit alors:

$$\begin{aligned} \text{Min } & t \\ \text{sous: } & \left| x_k + \hat{q}_{k,L} \hat{C} \right| \leq t \quad k = 0, 1, \dots, NL-1 \\ & \|C_k\| \leq \delta_k \quad k \in D \end{aligned}$$

D est l'ensemble des indices des porteuses NU

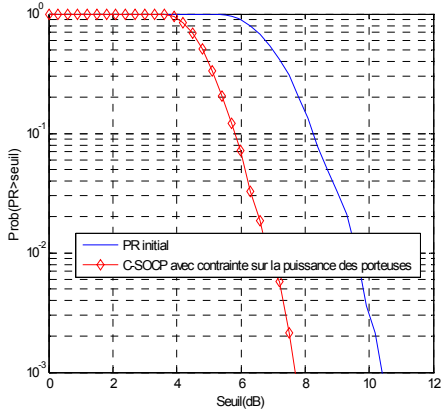
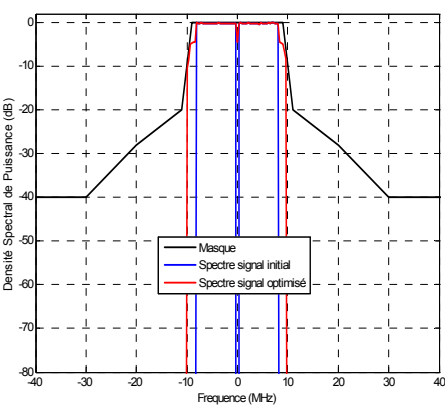
Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164


B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reseravation »

Performances de la modélisation C-SOCP avec contrainte sur les porteuses NU

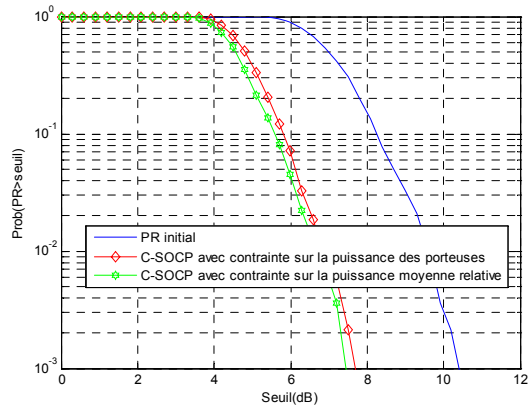
Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

1. Amélioration de la méthode « Tone Reseravation »

Comparaison des performances des deux modélisations C-SOCP avec contrainte sur la puissance moyenne relative et avec contrainte sur les porteuses NU



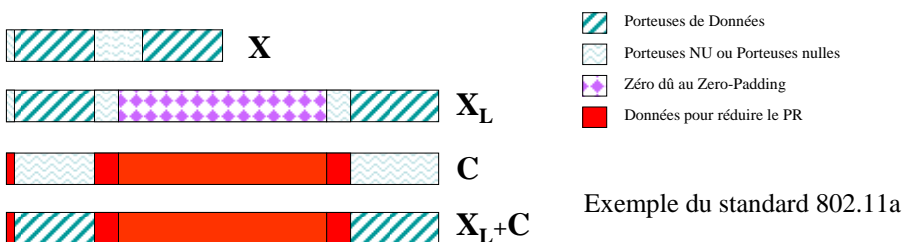
Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164


2. Méthode des porteuses « Fantômes »

L'idée de base de cette méthode consiste à créer volontairement en plus des porteuses NU qui existent, des porteuses nulles supplémentaires pour porter l'information pertinente qui diminuera le PR . Ces porteuses nulles sont créées artificiellement (par sur-échantillonnage) d'où l'appellation porteuses « fantômes ».

C'est bien une méthode « d'ajout de signal » comme illustré par le schéma ci-dessous:



Le but de cette démarche est de réduire d'avantage le PR

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

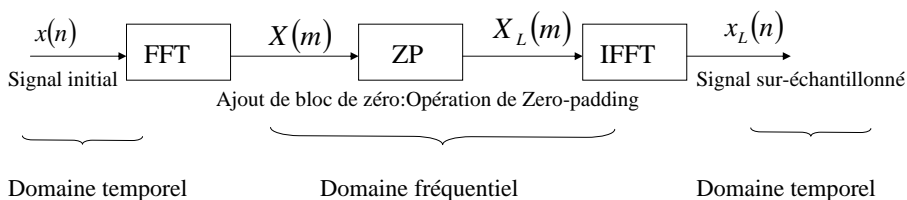
□ Le sur-échantillonnage dans le domaine temporel

Pour les modulateurs numériques le sur-échantillonnage est nécessaire pour approximer le signal continu qu'aurait généré un modulateur analogique.

Par exemple il est beaucoup plus facile pour une fonction de filtrage de traiter un signal sur-échantillonné.

Le sur-échantillonnage dans le domaine temporel équivaut à faire du Zero-Padding (ZP) suivi d'une opération de transformée de Fourier inverse.

Le schéma de principe du sur-échantillonnage est donné ci-dessous.



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Sur-échantillonnage et réduction du PR: Cas OFDM

Le problème de réduction du PR dans est toujours modélisé comme un SOCP

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Sur-échantillonnage et réduction du PR: Cas OFDM

Nécessité des contraintes sur les porteuses fantômes pour respecter le masque et contrôler la puissance additionnelle transmise.

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

Sur-échantillonnage et réduction du PR: Cas OFDM

Nous formulons de nouveau le problème sous forme **C-SOCP avec contrainte sur la puissance moyenne relative**.

L'objectif de la contrainte sur la puissance moyenne relative dans ce cas est double: contrôler la puissance additionnelle et respecter le masque.

$$\begin{aligned} \text{Min } & t \\ \text{sous: } & \left| x_k + \tilde{q}_{k,L} \tilde{C} \right| \leq t \quad k=0,1,\dots,NL-1 \\ & \left\| x + \tilde{q}_{k,L} \tilde{C} \right\| \leq \sqrt{\lambda K} \end{aligned}$$

Notons que le nombre de porteuses dédiées à la réduction est plus élevé dans le cas présent et dans la suite

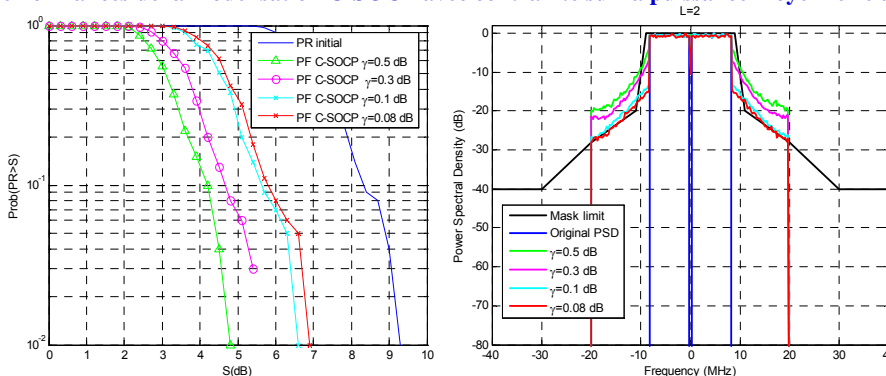
Ce nombre vaut: $12+N(L-1)$ pour le 802.11a



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

Performances de la modélisation C-SOCP avec contrainte sur la puissance moyenne relative



Nous constatons en effet que les spectres tendent à respecter le masque au fur et à mesure que γ décroît. C'est notamment le cas lorsque $\gamma = 0.08$

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

Comparaison des méthodes porteuses fantômes et « Tone Reservation » C-SOCP avec contrainte sur la puissance moyenne relative

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Sur-échantillonnage et réduction du PR: Cas OFDM

Nous formulons de nouveau le problème sous forme **C-SOCP avec contrainte sur les puissances des porteuses fantômes**.

L'objectif de la contrainte est de faire respecter le masque et contrôler la puissance additionnelle pour de meilleures performances que précédemment.

Min t

sous: $\left| x_k + q_{k,L} \tilde{C} \right| \leq t \quad k=0,1,\dots,NL-1$

$\|C_k\| \leq \delta_k \quad k \in D$

Notons que le nombre de porteuses dédiées à la réduction est plus élevé dans le cas présent et dans la suite

Ce nombre vaut: $12+N(L-1)$ pour le 802.11a

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR 6164



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Sur-échantillonnage et réduction du PR: Cas OFDM

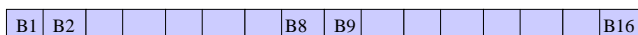
Méthode des porteuses fantômes C-SOCP avec contrainte sur les puissances des porteuses fantômes.

Pour la résolution du problème d'optimisation, nous avons effectué différentes simulations qui correspondent à différentes configurations (des contraintes) afin de tirer la configuration qui donne le meilleur compromis en terme de CCDF et de puissance moyenne relative.

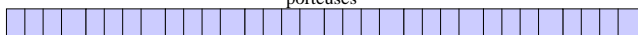


Cas1: Division des porteuses fantômes en 8 blocs de 8 porteuses

L=2



Cas2: Division des porteuses fantômes en 16 blocs de 4 porteuses



Cas3: Division des porteuses fantômes en 32 blocs de 2 porteuses



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Sur-échantillonnage et réduction du PR: Cas OFDM

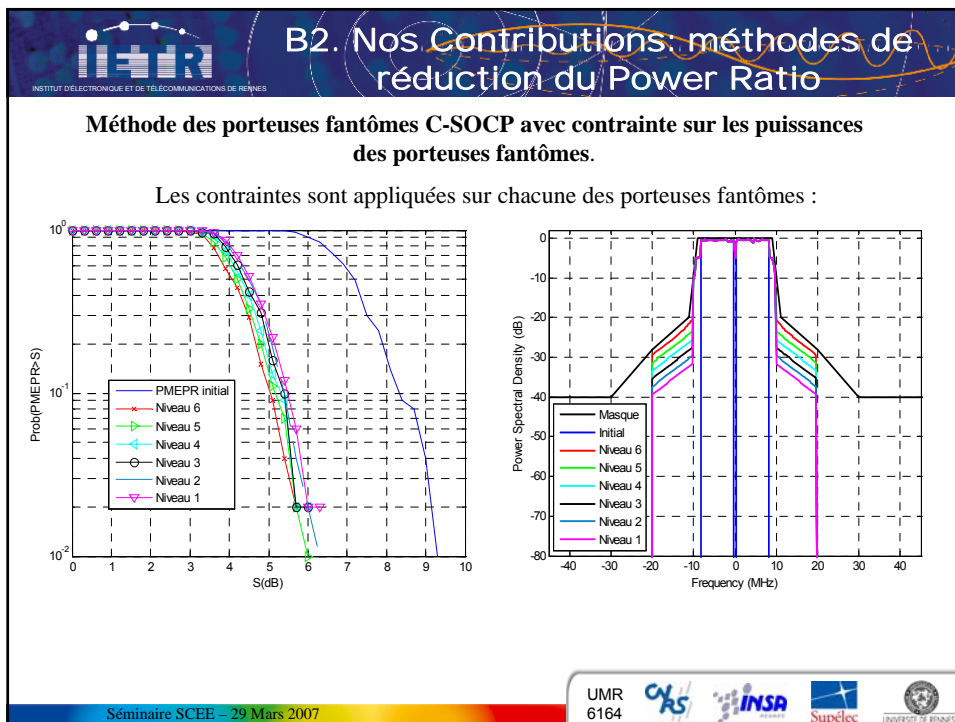
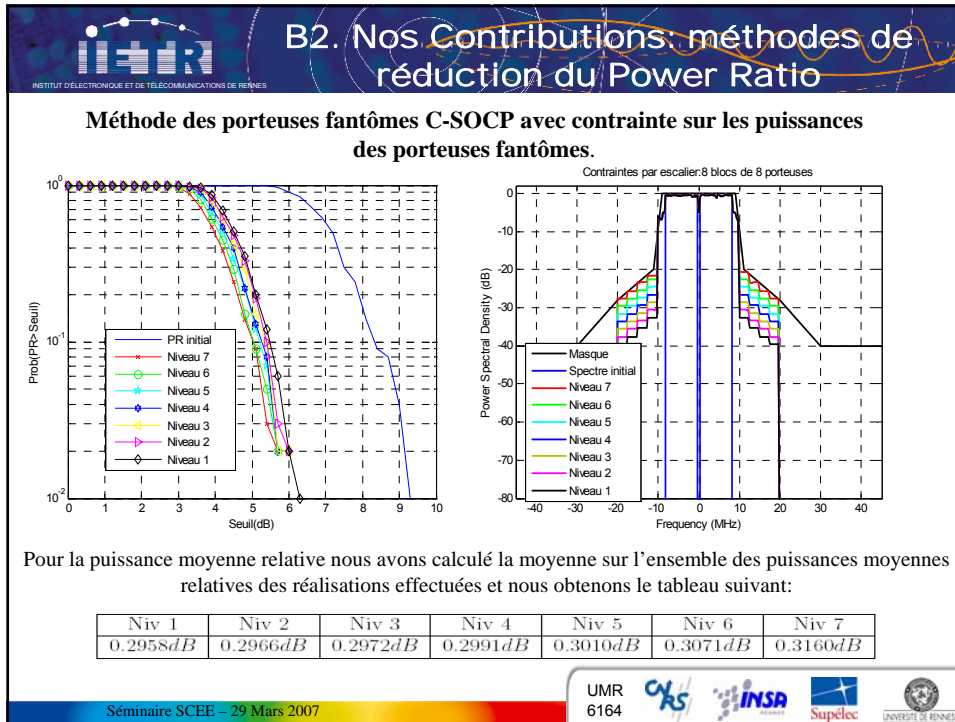
Méthode des porteuses fantômes C-SOCP avec contrainte sur les puissances des porteuses fantômes.

Le problème d'optimisation peut se mettre sous la forme:

$$\begin{array}{ll}
 \min & \beta \\
 \text{sous} & \\
 \text{to :} & |x_k + \tilde{q}_{k,L}^{lig} \tilde{C}| \leq \beta, \quad 0 \leq k \leq NL - 1 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B1}, \quad k \in \mathcal{B}_1 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B2}, \quad k \in \mathcal{B}_2 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B3}, \quad k \in \mathcal{B}_3 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B4}, \quad k \in \mathcal{B}_4 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B5}, \quad k \in \mathcal{B}_5 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B6}, \quad k \in \mathcal{B}_6 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B7}, \quad k \in \mathcal{B}_7 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{B8}, \quad k \in \mathcal{B}_8 \\
 & \|C_k\| \leq \delta_{k}, \quad k \in \mathcal{N}
 \end{array}$$

\mathcal{B}_i désigne l'ensemble des indices des porteuses contenu dans le bloc B_i

\mathcal{N} désigne l'ensemble des indices des porteuses NU



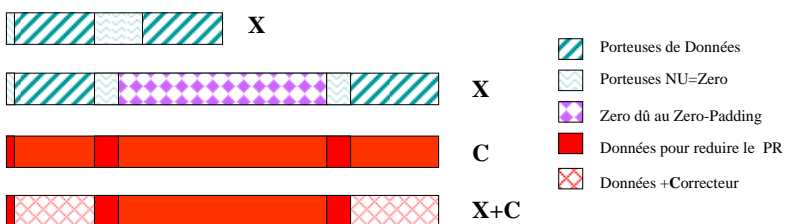


B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes»

Toujours dans le but de réduire d'avantage le PR nous utilisons en plus les porteuses de données

Le schéma de principe est donné ci-dessous:



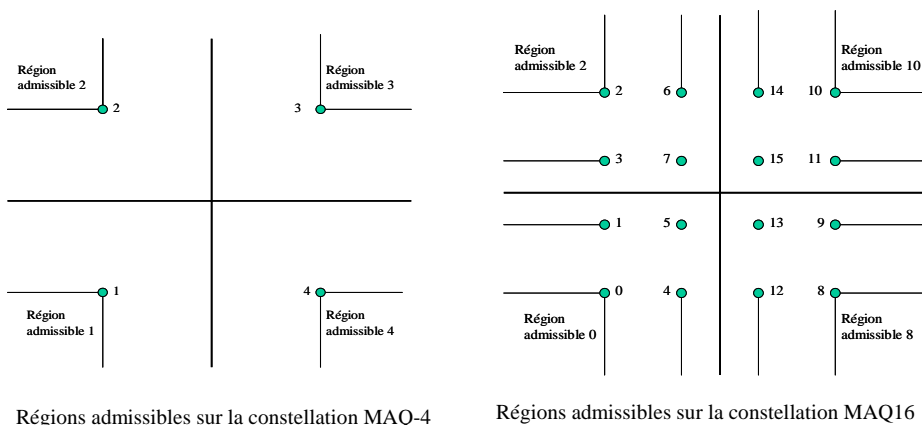
L'utilisation des porteuses utiles implique une contrainte sur la constellation afin de pas dégrader le TEB d'où l'appellation C-SOCP avec contrainte sur la constellation



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

Méthode des porteuses fantômes C-SOCP avec contrainte sur la constellation.

Nous utilisons le concept de « Région admissible » pour éviter toute dégradation du TEB



Régions admissibles sur la constellation MAQ-4

Régions admissibles sur la constellation MAQ16



B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

Méthode des porteuses fantômes C-SOCP avec contrainte sur la constellation.

Nous montrons que le problème de réduction se met sous la forme ci-dessous:

$$\begin{aligned}
 \underset{C}{\text{Min}} \quad & t \\
 \text{sous:} \quad & |x_k + q_{k,L} C| \leq t \quad k=0,1,\dots,NL-1 \\
 & \|x + Q_L C\| \leq \sqrt{\lambda K} \\
 & \|C_k\| \leq \delta_k \quad k \in G \\
 & S_k^{re} C_k^{re} \geq 0 \quad k \in D \\
 & S_k^{im} C_k^{im} \geq 0 \quad k \in D
 \end{aligned}$$

Cas MAQ-4

$$\begin{aligned}
 \underset{C}{\text{Min}} \quad & t \\
 \text{sous:} \quad & |x_k + q_{k,L} C| \leq t \quad k = 0,1,\dots, NL - 1 \\
 & \|x + Q_L C\| \leq \sqrt{\lambda K} \\
 & \|C_k\| \leq \delta_k \quad k \in G \\
 & S_k^{re} C_k^{re} \geq 0 \quad k \in D_0 \\
 & S_k^{im} C_k^{im} \geq 0 \quad k \in D_0 \\
 & C_k^{im} < 0 \quad k \in D_{21} \\
 & C_k^{im} > 0 \quad k \in D_{22} \\
 & C_k^{re} < 0 \quad k \in D_{31} \\
 & C_k^{re} > 0 \quad k \in D_{32} \\
 & C_k = 0 \quad k \in D_4
 \end{aligned}$$

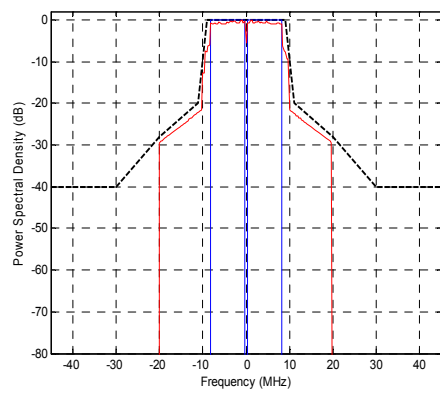
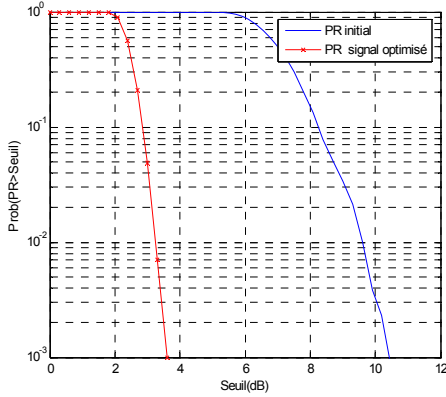
Cas MAQ-4

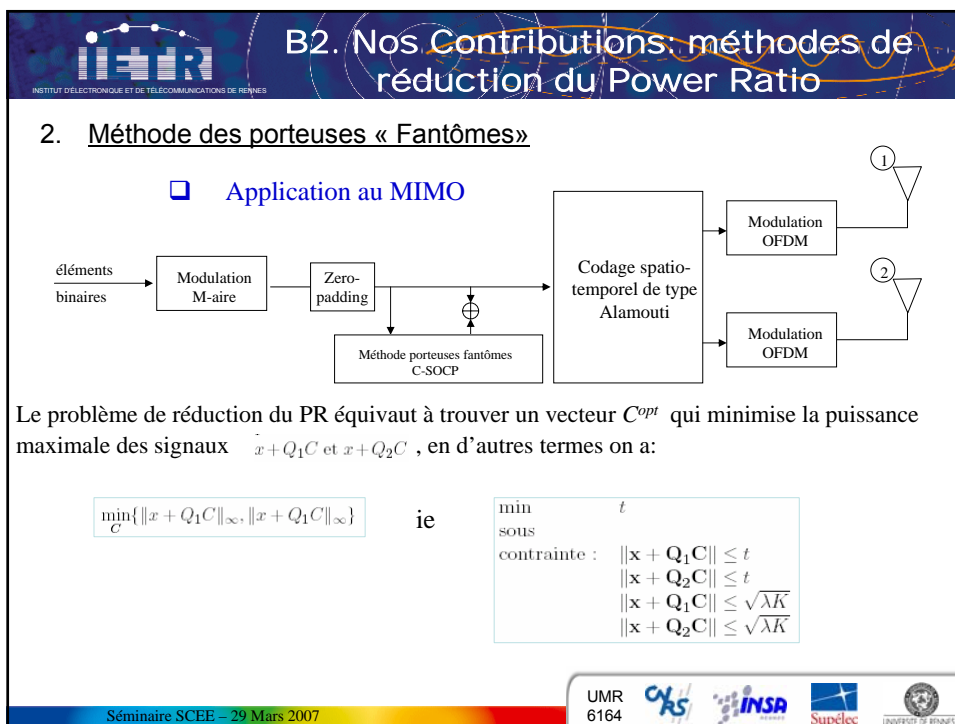
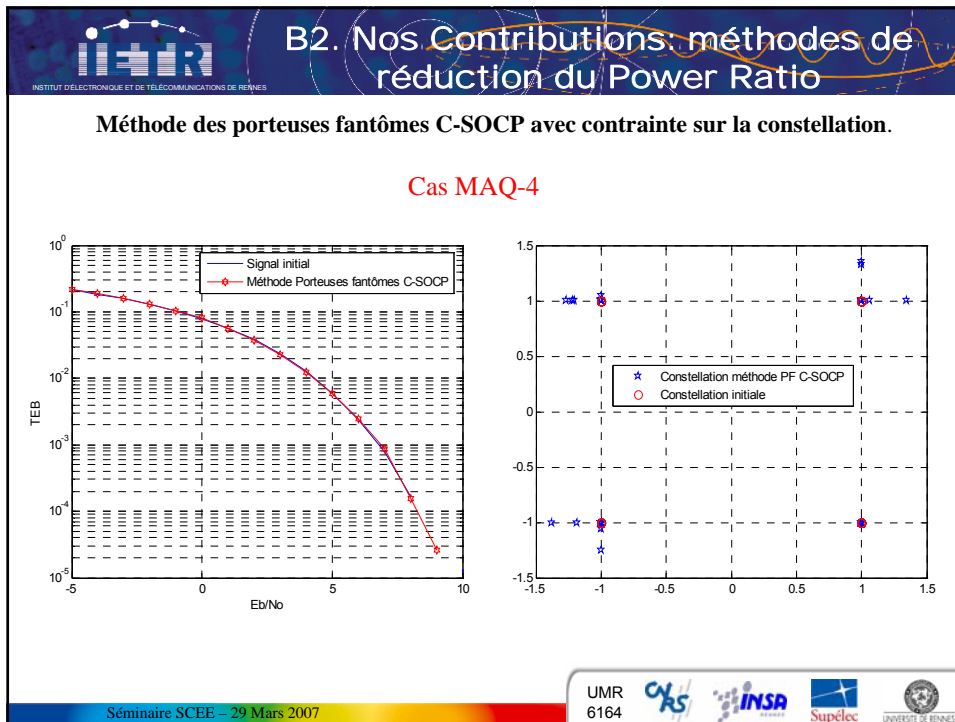


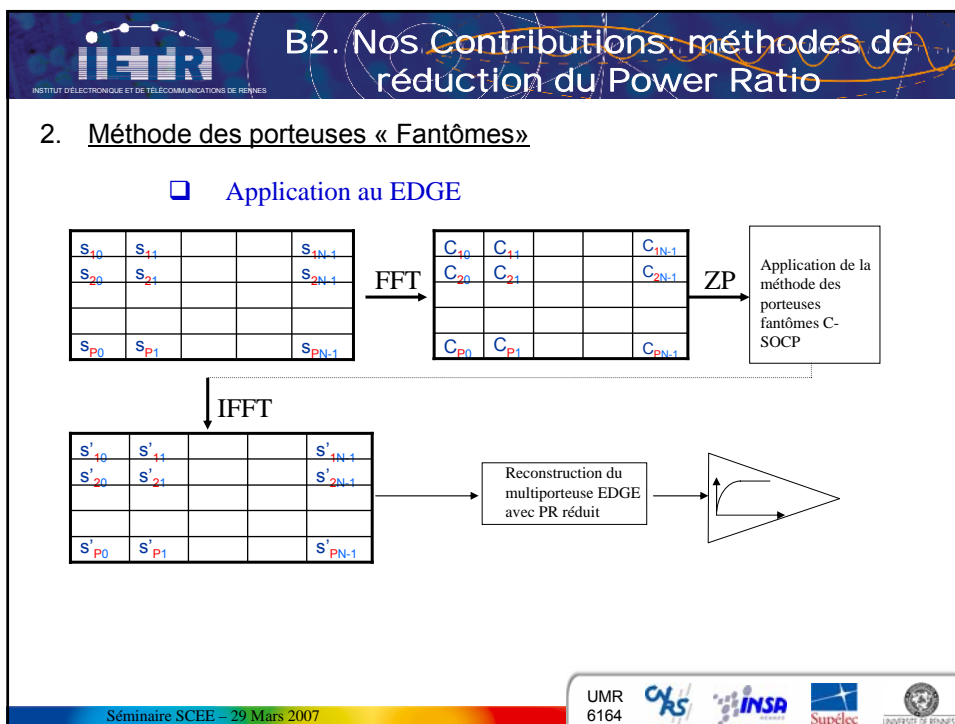
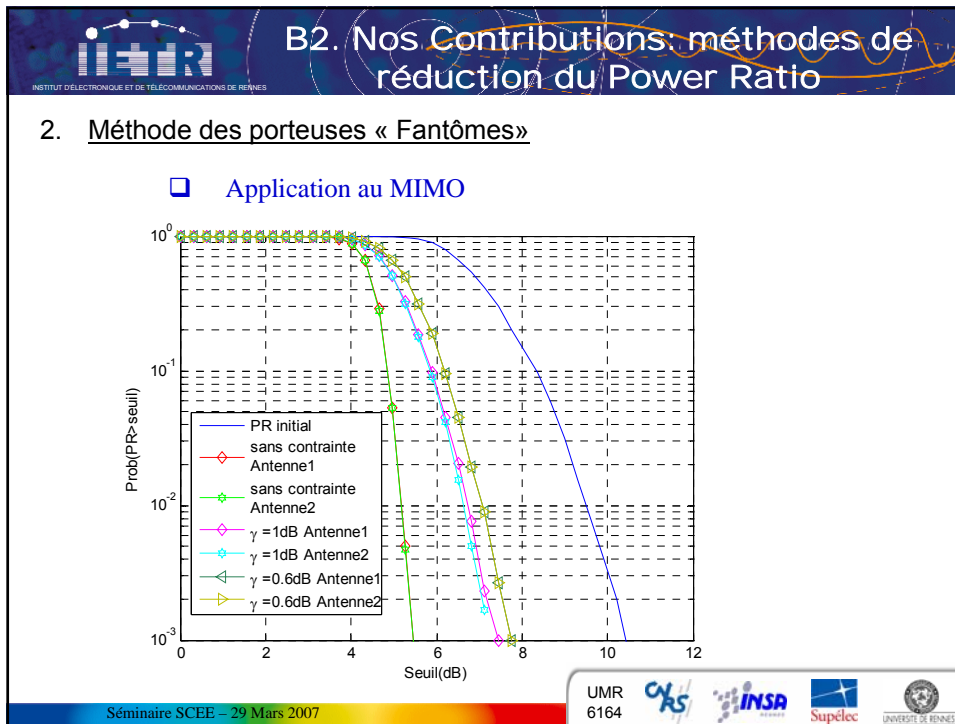
B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

Méthode des porteuses fantômes C-SOCP avec contrainte sur la constellation.

Cas MAQ-4







B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Application au EDGE

The graph plots the probability of the Power Ratio (PR) exceeding a threshold (Seuil) on a logarithmic scale. The y-axis is labeled 'Prob(PR > Seuil)' and ranges from 10^{-2} to 10^0 . The x-axis is labeled 'Seuil' and ranges from 0 to 6. Two curves are shown: a blue line for 'PR initial' and a red line with diamond markers for 'PR réduit EDGE'. The red curve shows a significant reduction in the probability of exceeding the threshold compared to the blue curve, indicating a more stable power ratio after the method is applied.

UMR 6164

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

B2. Nos Contributions: méthodes de réduction du Power Ratio

2. Méthode des porteuses « Fantômes »

□ Résultat final: Gain en IBO

The graph plots the Total Error Rate (TEB) on a logarithmic scale against the energy per bit to noise power spectral density ratio (E_b/N_0) on a linear scale. The y-axis is labeled 'TEB' and ranges from 10^{-5} to 10^0 . The x-axis is labeled ' E_b/N_0 ' and ranges from -5 to 10. Two curves are shown: a red line with diamond markers for 'TEB initial: recul=-7 dB' and a green line with circle markers for 'TEB après méthode: recul=-4.2 dB'. The green curve is shifted to the left of the red curve, demonstrating a gain in IBO (Inter-Bit Offset) after the method is applied.

UMR 6164

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007



INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

C Conclusion-Perspectives

- Application des développements obtenus sur d'autres types de signaux multiporteuse.
- Implémentation d'algorithme et analyse des performances de ceux-ci
- Étude comparatives avec d'autres méthodes d'optimisation
- Étude d'autres types d'optimisation autre que le SOCP
- Poursuite des travaux en MIMO
- Poursuite des travaux sur le Power Ratio en fréquentiel

Séminaire SCEE – 29 Mars 2007

UMR
6164

