

Détection des perturbations électromagnétiques dans les bandes éteintes des systèmes multiporteuses

G. Avril, F. Moulin, A. Zeddou, M. Tlich, F. Nouvel.

Journées Scientifiques URSI-France 2008

20 Mai 2008



recherche & développement



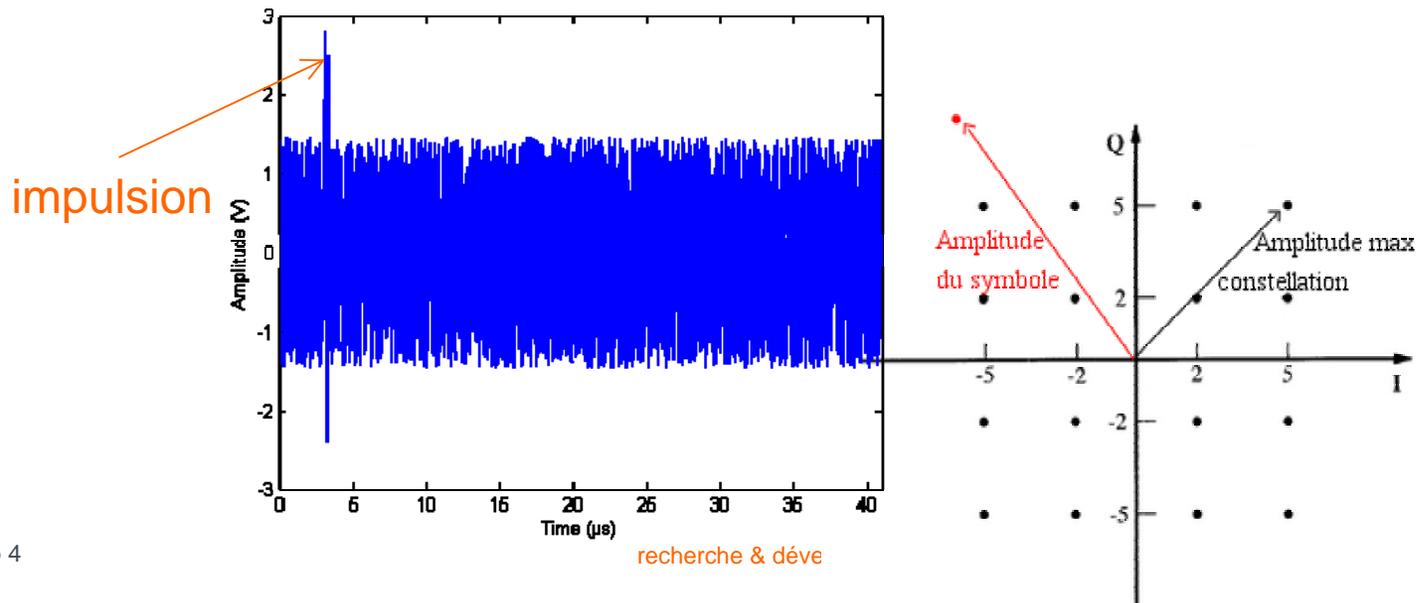
Sommaire

- Introduction.
- Détection des impulsions dans les bandes masquées.
 - Principe de la détection
 - Réglage du seuil de détection
- Exemple d'utilisation.
 - Utilisation du décodage par effacement (*erasure decoding*)
 - Analyse des performances
- Comparaison des performance avec d'autres algorithmes.
 - Comparaison des performances avec différents algorithmes :
 - Algorithme de détection sur les porteuses pilotes
 - Algorithme de détection basé sur l'erreur quadratique moyenne.
 - Augmentation des performances en combinant plusieurs systèmes.
- Conclusion

Introduction.

Détection d'un bruit impulsif

- Nécessaire pour augmenter les performances du système :
 - Codage de canal (peut aider les algorithmes de décodage)
 - Algorithmes de retransmission (p.e. *Automatic Repeat reQuest*)



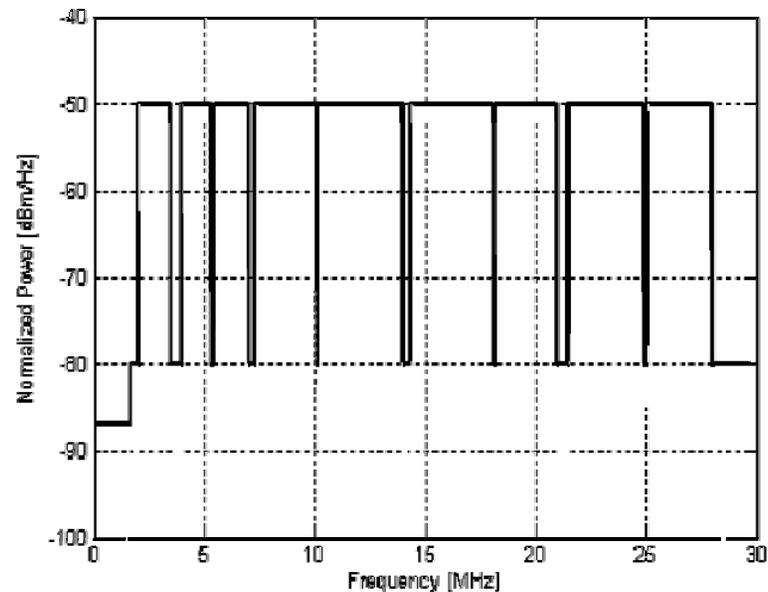
Détection d'un bruit impulsif

- Nécessaire pour augmenter les performances du système :
 - Codage de canal (peut aider les algorithmes de décodage)
 - Algorithmes de retransmission (p.e. *Automatic Repeat reQuest*)
- La bibliographie présente plusieurs techniques de détection :
 - Augmentation de l'amplitude du signal (dans le domaine temporel)
 - Impossible avec des signaux OFDM (très fort *PAPR – Peak to Average Power Ratio*)
 - L'amplitude d'un symbole (sur une porteuse) dépasse l'amplitude maximale de la constellation
 - Performances limitées : le bruit peut déplacer le signal à l'intérieur de la constellation.
 - Distance entre le symbole décodé et le symbole reçu (erreur quadratique moyenne - MSE)
 - Analyse sur différentes porteuses
 - Bonnes performances
 - Détection sur les porteuses pilotes
 - Augmentation des performances selon le nombre de porteuses pilotes.

Utilisation des porteuses masquées

■ Porteuses masquées (*notches*)

- Utilisé par des systèmes de communication large bande (CPL, VDSL etc.).
- Permet d'éviter les perturbations sur d'autres systèmes
 - Radioamateurs / fréquences militaires / autres fréquences réservées.
- Aucune émission volontaire sur ces bandes
 - Entrée de la TFR (Transformée de Fourier Rapide) réglée à 0.



Utilisation des porteuses masquées

- **Porteuses masquées (*notches*)**
 - Utilisé par des systèmes de communication large bande (CPL, VDSL etc.).
 - Permet d'éviter les perturbations sur d'autres systèmes
 - Radioamateurs / fréquences militaires / autres fréquences réservées.
 - Aucune émission volontaire sur ces bandes
 - Entrée de la TFR (Transformée de Fourier Rapide) réglée à 0.
- **Au niveau du récepteur, les fréquences masquées sont :**
 - Reçues par le modem (pas de filtrage analogique).
 - Traitées par l'algorithme de TFR (pas de sélection possible).
 - Le signal sur ces porteuses n'est pas pris en compte par le démodulateur.
- **Idée : Utiliser ces porteuses pour détecter une impulsion.**

Détection d'une impulsion sur les bandes masquées

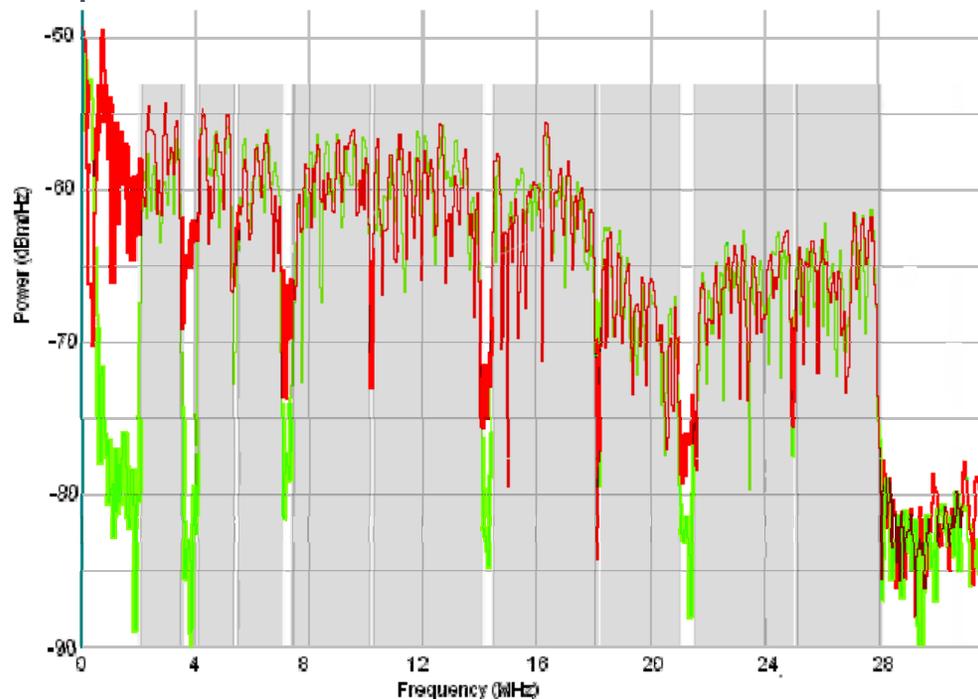
Principe de détection

- Les porteuses masquées sont traitées à la réception
 - L'algorithme de TFR ne peut traiter individuellement les porteuses
 - Pas de signal émis : uniquement du bruit en réception.
- Le bruit impulsif est un signal large bande
 - Affecte les porteuses utilisées pour la transmission
 - Affecte aussi les porteuses masquées.

Exemple :

Signal HomePlug AV normal

Signal HPAV lors d'un bruit impulsif

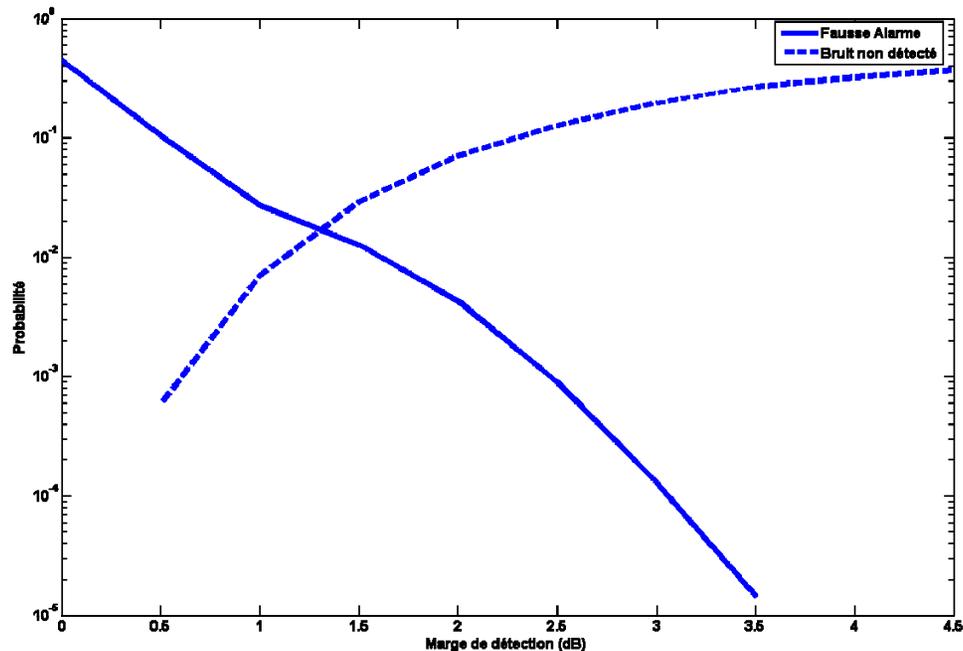


Méthode de détection

- Détermination des porteuses à utiliser (bande de détection)
 - Certains fréquences masquées sont susceptibles d'être perturbées par d'autres systèmes de communications.
 - Fréquences en dessous/au dessus du signal utile peuvent être utilisées.
- Estimation du bruit de fond sur ces porteuses
 - Calcul simple issu de la TFR du signal reçu.
 - Peut être effectué durant l'estimation du canal par le modem.
- Sélection d'un seuil de détection
 - Suffisamment fort pour limiter le risque de fausse détection.
 - Suffisamment faible pour augmenter la probabilité de détection.
- Durant la transmission : mesure du bruit sur la bande de détection
 - Un bruit est détecté s'il dépasse le seuil de détection.

Réglage de la marge de détection :

- Simulations pour plusieurs valeurs de marge de détection :
 - Minimiser les erreurs de détection :
 - Minimiser la probabilité de fausse alarme (bruit détecté sans perturbation).
 - Minimiser la probabilité de non détection (bruit présent mais non détecté).



- Il est nécessaire de trouver un compromis.

Exemple d'utilisation

Principe du décodage par effacement

"erasure decoding"

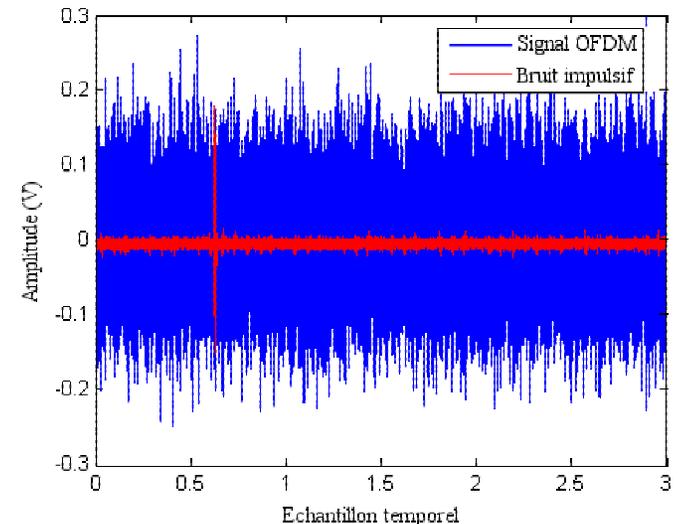
- Le codage de canal utilise de la redondance
 - Le décodeur prend toutes les données reçues et estime le signal émis.
 - Les données perturbées par un bruit peuvent être corrigées par les autres.
- Il est préférable de savoir qu'une information est erronée.
 - Le décodeur va uniquement prendre en compte les autres données pour reconstituer le signal émis -> meilleures performances.
- Si une impulsion est détectée
 - Estimation des données susceptibles d'être perturbées
 - Par exemple : symbole entier dans le cas d'une modulation OFDM
 - Effacement de ces données.

Simulations sur une chaine de type HPAV.

- Chaîne OFDM turbo-codée de type HomePlug AV (CPL)
 - Spectre utilisé : défini dans la spécification HomePlug.
 - Le bruit stationnaire est enregistré sans impulsions.
 - La réponse du canal est simulé par un logiciel.
 - Allocation binaire conforme à l'estimation du canal (bruit/réponse).
 - 10 symboles OFDM entrelacés sont envoyés.
 - Le turbo-décodeur fonctionne sur 3 itérations.
- Un bruit enregistré sur ligne électrique est ajouté

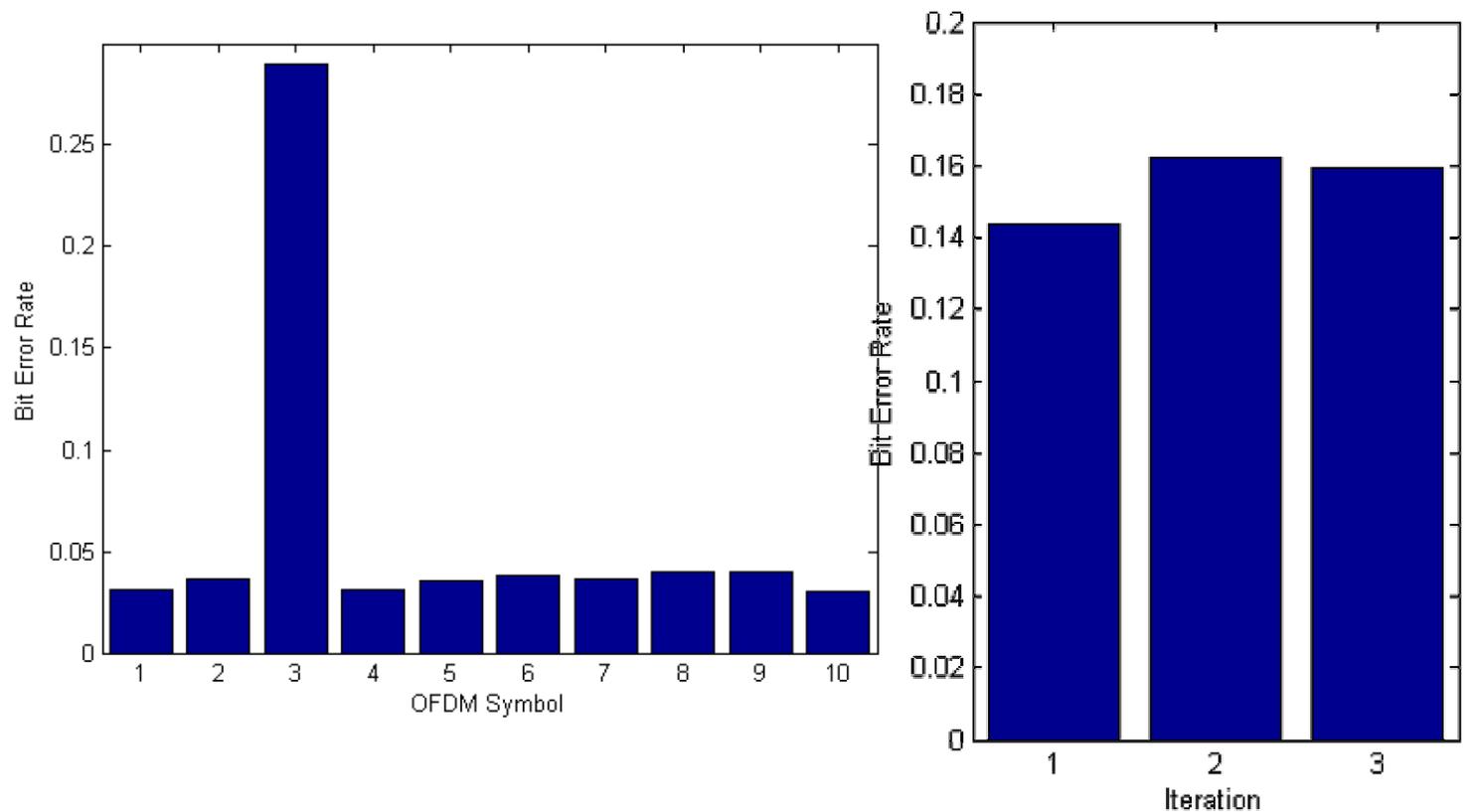
■ Exemple :

- Le signal reçu (simulation) est **en bleu**.
- Un bruit impulsif ajouté est **en rouge**.
- Dans cet exemple : c'est le 3^{ème} symbole qui est affecté par l'impulsion.



Sans utiliser "l'erasure decoding"

- Le taux d'erreur brut (avant décodage)
 - Augmente considérablement sur le 3^{ème} symbole OFDM

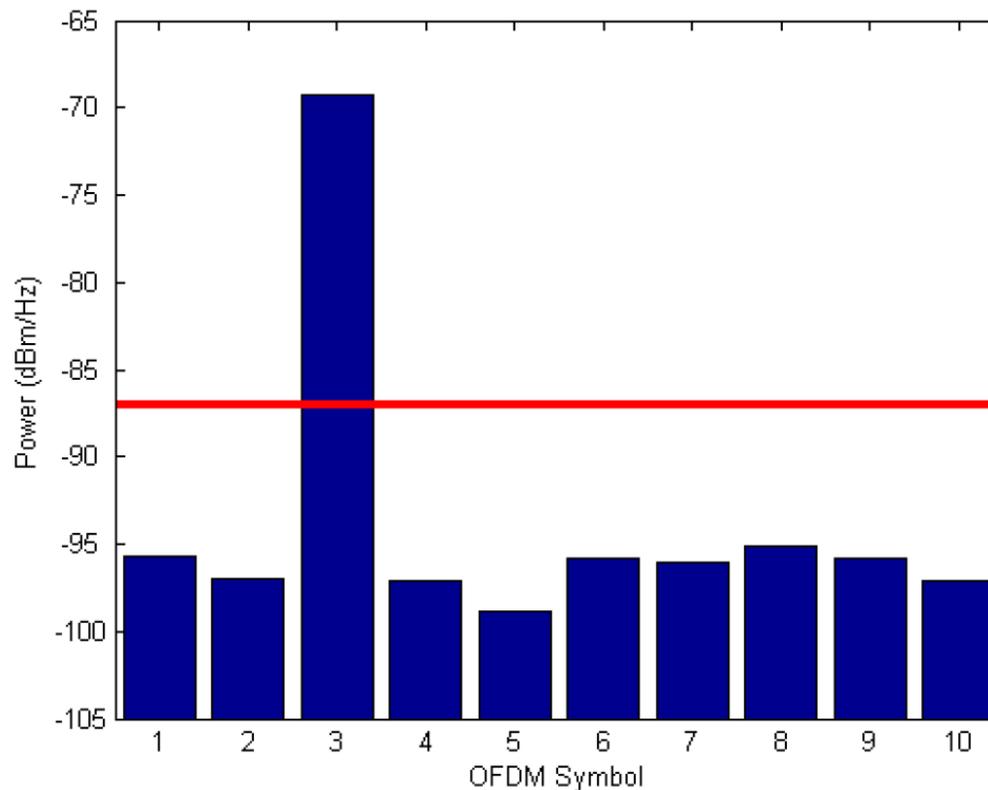


Sans utiliser "l'erasure decoding"

- Le taux d'erreur brut (avant décodage)
 - Augmente considérablement sur le 3^{ème} symbole OFDM
- Erreurs après turbo décodage
 - 3 itérations du turbo code.
 - Le TEB augmente à chaque itération.
- Trop d'erreurs brutes pour le turbocode.

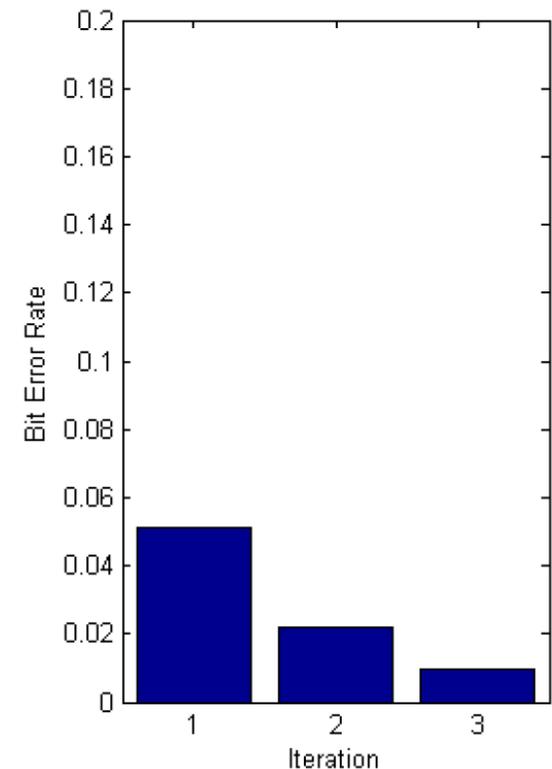
Implémentation de notre algorithme

- Détection d'une impulsion dans les BM pour chaque symbole
 - Ce bruit dépasse le seuil de détection pour le 3^{ème} symbole.



Implémentation de notre algorithme

- Détection d'une impulsion dans les BM pour chaque symbole
 - Ce bruit dépasse le seuil de détection pour le 3^{ème} symbole.
- Effacement du troisième symbole OFDM
- Turbo décodage des données restantes
 - Avec les autres symboles OFDM (1-2 & 4-10).
 - Les performances sont meilleures
 - Diminution du TEB pour chaque itération.



Comparaison des performances avec d'autres algorithmes

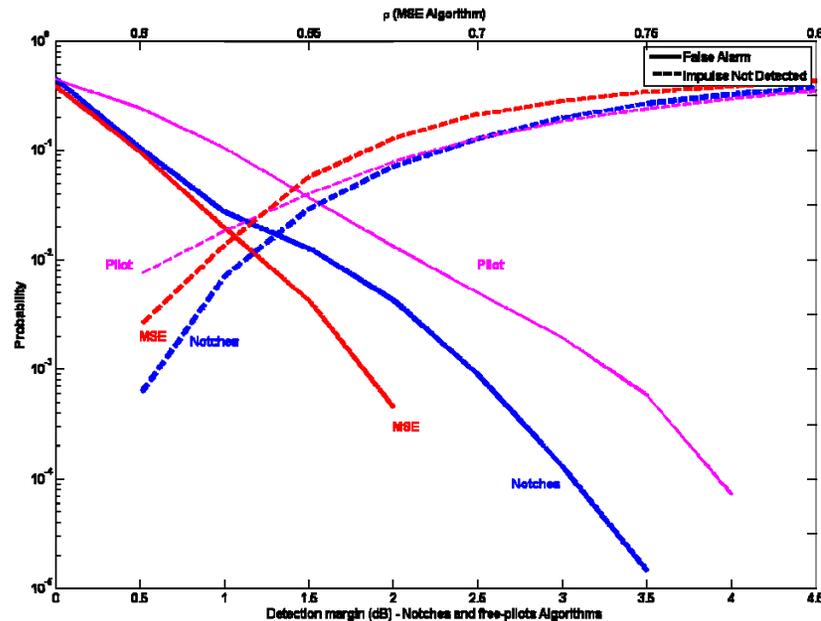
Comparaison des performances

■ Technique pour comparer 2 algorithmes :

■ Un algorithme est meilleur si :

- Pour une probabilité de fausse alarme donnée, plus faible prob. de non détection.
- Pour une probabilité de non détection donnée, plus faible prob. de fausse alarme.

Algorithme porteuses pilotes
Algorithme EQM
Algorithme Bande masquées

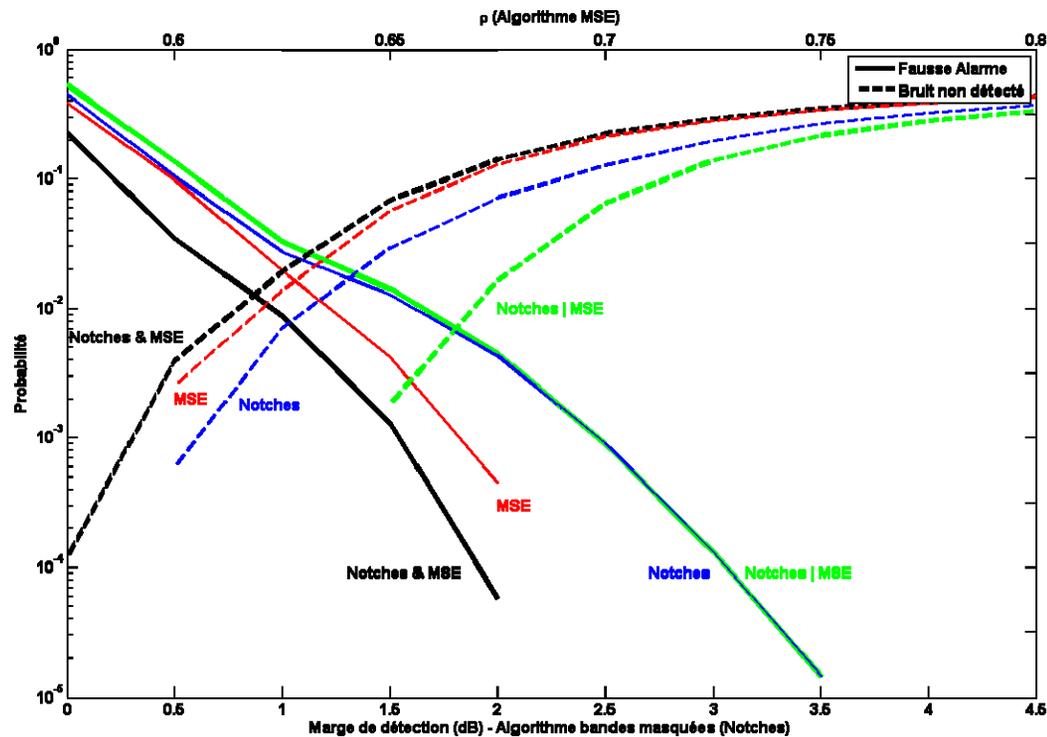


■ Détection dans les BM est aussi efficace que l'algorithme EQM.

Combinaison de 2 algorithmes (EQM et BM)

- Tirer parti des 2 algorithmes :
 - Détection sur les porteuses masquées avec l'algorithme BM.
 - Détection sur les porteuses utilisées avec l'algorithme EQM.
- 2 types de combinaisons sont possibles :
 - & détection : les 2 algorithmes doivent détecter l'impulsion.
 - | détection : au moins 1 algorithme doit détecter l'impulsion.

Performances des algorithmes combinés



Algorithme EQM
Algorithme Bande masquées
Algorithme &
Algorithme |

■ Les algorithmes combinés ont de meilleure performances.

Conclusions.

Conclusions

- Méthode de détection efficace
 - Performance proches de l'algorithme de détection sur l'EQM
- Algorithme simple à implémenter
 - Aucun besoin matériel particulier (90% du travail est déjà fait par le récepteur)
 - Peut être fait en parallèle de la démodulation
- Les différents algorithmes peuvent être combinés entre eux :
 - Augmentation des performances globales

Merci de votre attention

gautier.avril@orange-ftgroup.com



recherche & développement

