



Optimisation des algorithmes de calcul des interférences pour la coexistence des systèmes complexes

Microwave & RF Le salon des radiofréquences, des hyperfréquences, du wireless, de la CEM et de la fibre optique
1 & 2 avril 2015
CNIT - Paris la Défense

AFCem



CentraleSupélec

Pierre-Luc MIGNOT
Thales Communications & Security
Durcissement, Instrumentation et Sûreté des Systèmes
Pierre-luc.mignot@thalesgroup.com

THALES

- ❑ **Introduction**
- ❑ **Optimisation de PyCRE**
 - ❑ Simplification du nombre de paramètres d'entrée
 - ❑ De Monte Carlo à un modèle analytique
 - ❑ Optimisation des paramètres de calcul (fenêtre d'observation)
 - ❑ Optimisation de la précision des résultats via analyse statistique
 - ❑ Nouveau critère d'interférence/performance : capacité de Shannon
- ❑ **Evolution de PyCRE : modes dégradés**
- ❑ **Bilan**

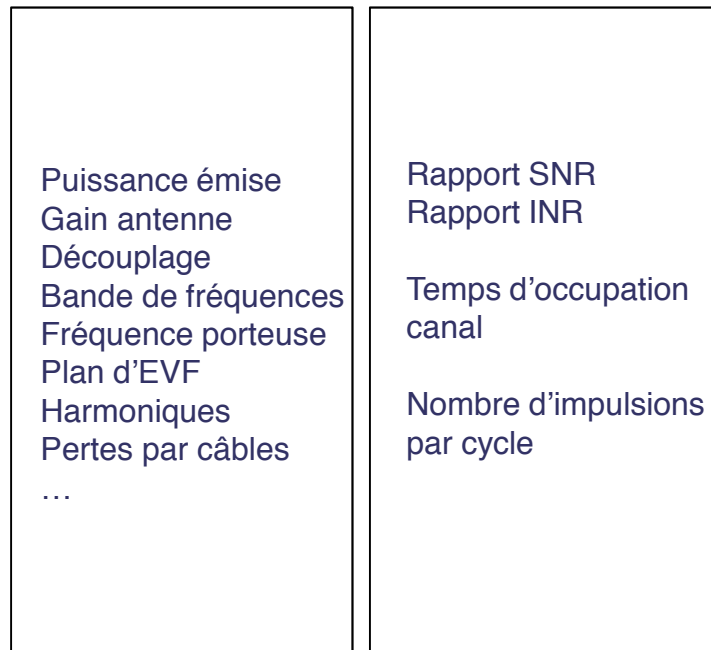
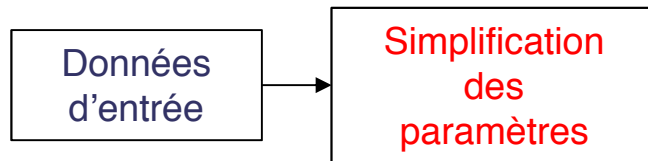
Contexte :

- 1^{ère} modélisation prenant compte des aspects temporels des signaux : PyCRE

Objectif : Assurer la coexistence des systèmes aux travers des modes dégradés.

- Optimisation des modèles de calculs (PyCRE)
- Modélisation des aspects opérationnels
- Proposer une solution au blanking

En rouge les optimisations



SNR : Signal to Noise Ratio
INR : Interference to Noise Ratio

Gains :

- Simplification de la modélisation des formes d'onde
- Transposition de paramètres spécifiques en une base commune du système

Exemple :

Forme d'onde : durée d'un palier, écart entre deux paliers, loi entre deux impulsions, forme des impulsions, ...

- Temps d'occupation canal
- Nombre d'impulsions par cycle

$$\text{Temps d'occupation canal} = \frac{T \text{ fonctionnement}}{T_{obs}}$$

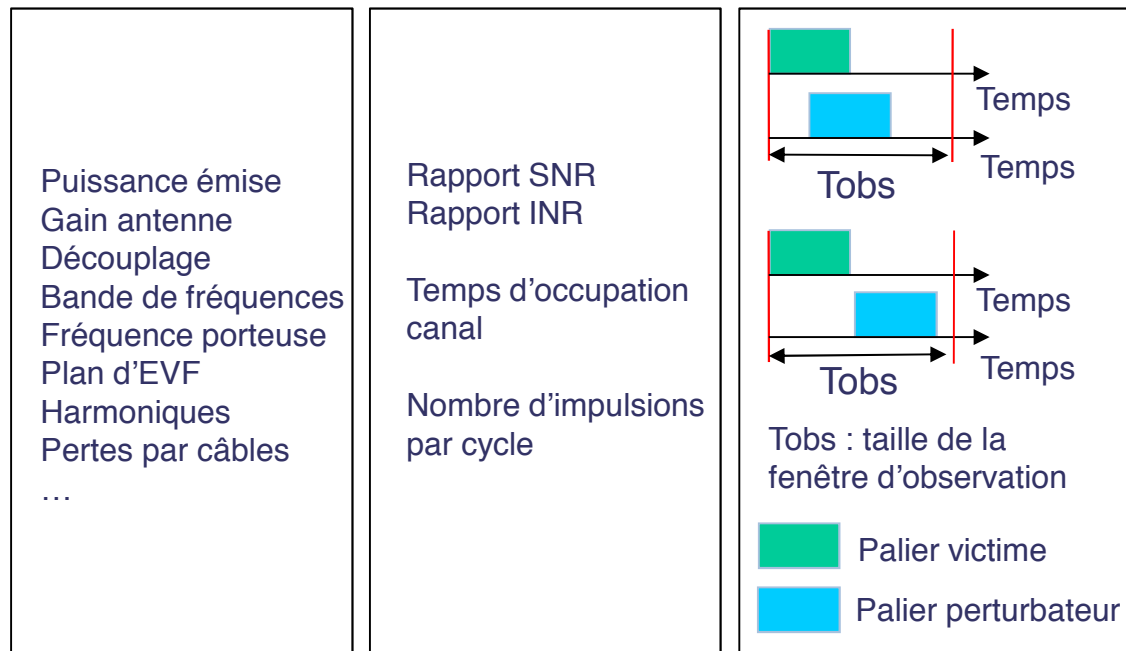


Avec T_{obs} la taille de la fenêtre d'observation

En rouge les optimisations



Optimisation de la fenêtre d'observation



SNR : Signal to Noise Ratio
 INR : Interference to Noise Ratio

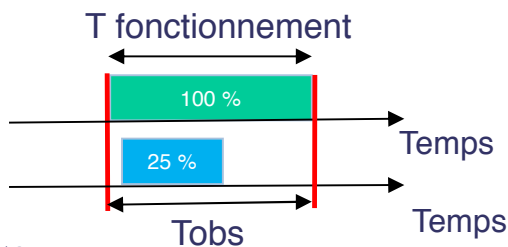
Choix de la fenêtre déterminant :

- Si trop petite → manque d'information
- Si trop large → effet de moyennage

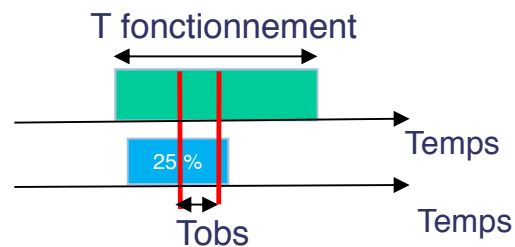
Exemple :

- 1 fenêtre d'observation de durée T_{obs}
- 1 système victime dont l'occupation canal varie entre 0 et 100 % de T_{obs}
- 1 système perturbateur dont l'occupation canal est de 25% de T_{obs}

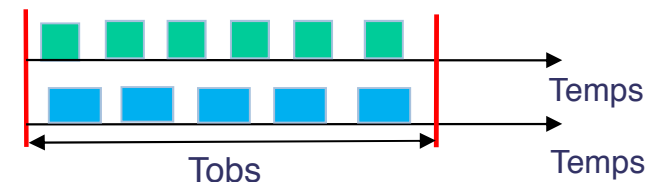
Dans PyCRE :
 $T_{fonctionnement} = T_{obs}$



Si trop petite



Si trop large



CONCLUSION :

Il faut choisir la fenêtre qui soit la plus petite possible mais qui, avec la prise en compte des extrema, garantit la reproduction des résultats

Objectifs :

- Gain de temps de calcul

Validation sur un cas simple de signaux asynchrones :

- Soit x le temps d'interférence limite en deça duquel il y a coexistence
- On évalue la probabilité que le temps d'interférence soit inférieur à x



$$P(T_{SINR} \leq x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < DC_t + DC_i - 1 \\ \frac{x - (DC_t + DC_i - 1)}{1 - DC_i} & \text{si } 0 \leq x \leq 1 - DC_i \\ 1 & \text{si } x > 1 - DC_i \end{cases}$$

DC_t occupation canal victime
 DC_i occupation canal perturbateur

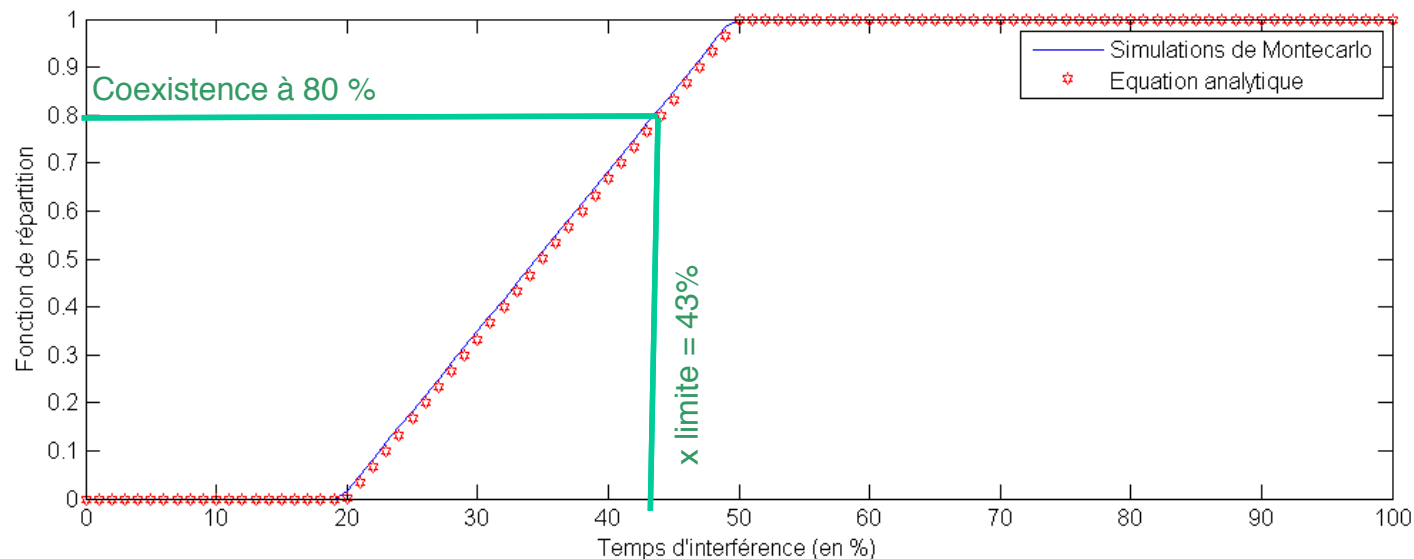
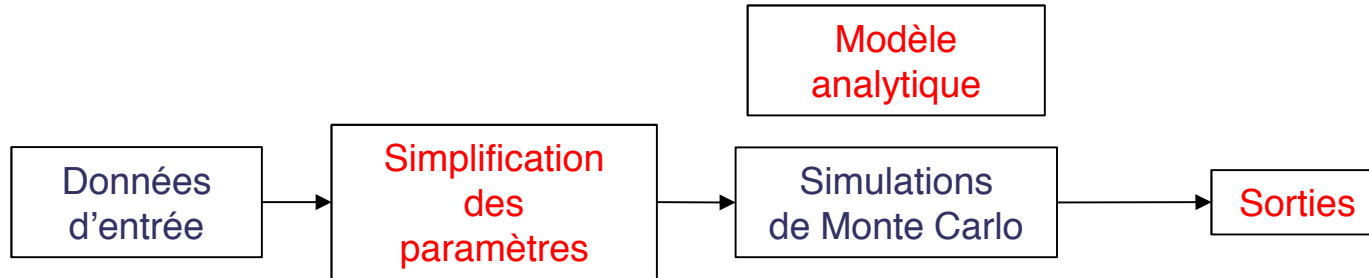
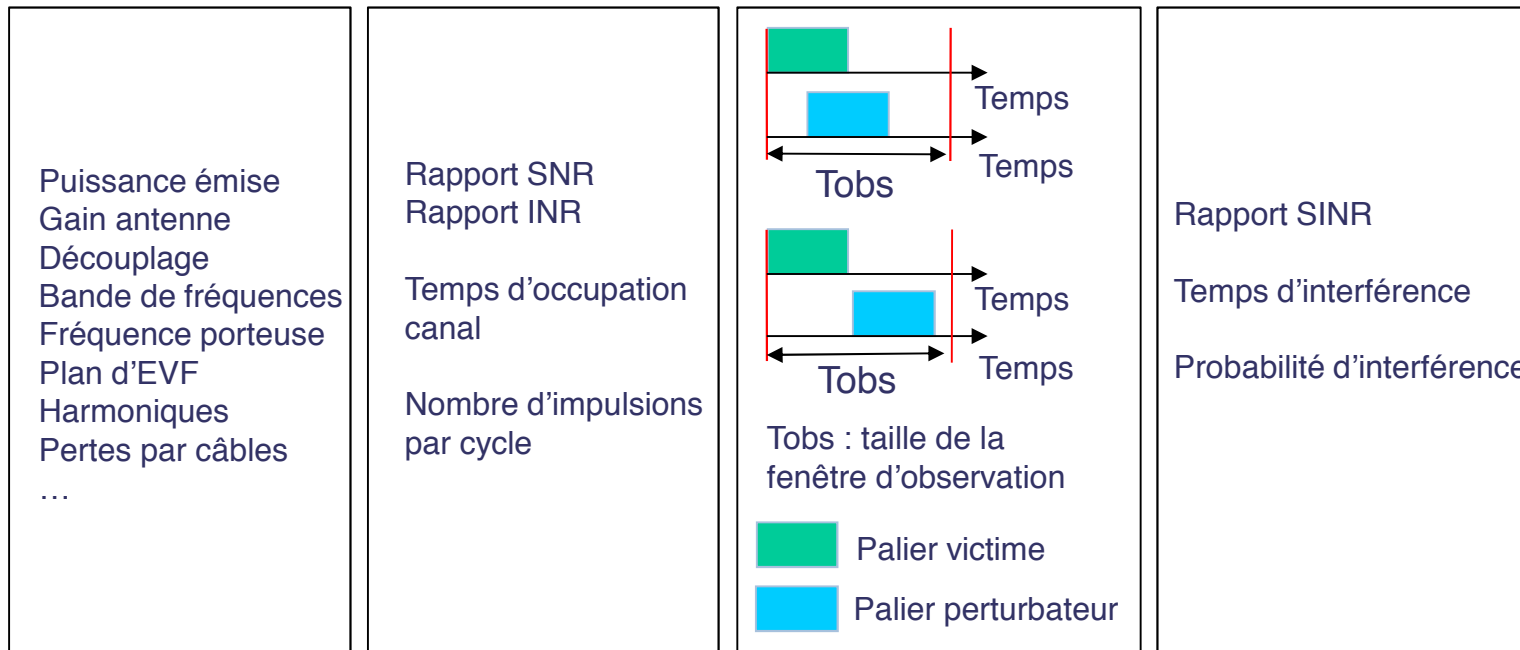


Schéma de synthèse des travaux d'optimisation

En rouge les optimisations



Optimisation de la fenêtre d'observation



SNR : Signal to Noise Ratio
INR : Interference to Noise Ratio
SIR: Signal to Interference Ratio

$$SINR = \frac{1}{\frac{1}{SNR} + \frac{1}{SIR}}$$

Dans PyCRE :

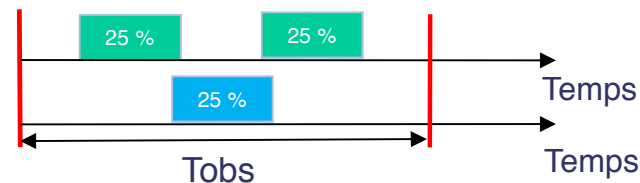
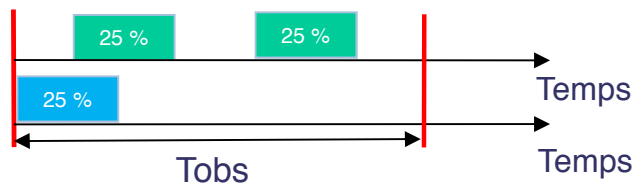
- S'il n'y a pas d'interférence, $TEB = 0$
- La moyenne du TEB peut amener un résultat sur-dimensionnant → perte d'information

Objectifs :

- Prise en compte du bruit s'il n'y a pas d'interférence
- Estimer le temps d'interférence en faisant varier le temps d'occupation canal victime
- Analyser la variance de la répartition du temps d'interférence

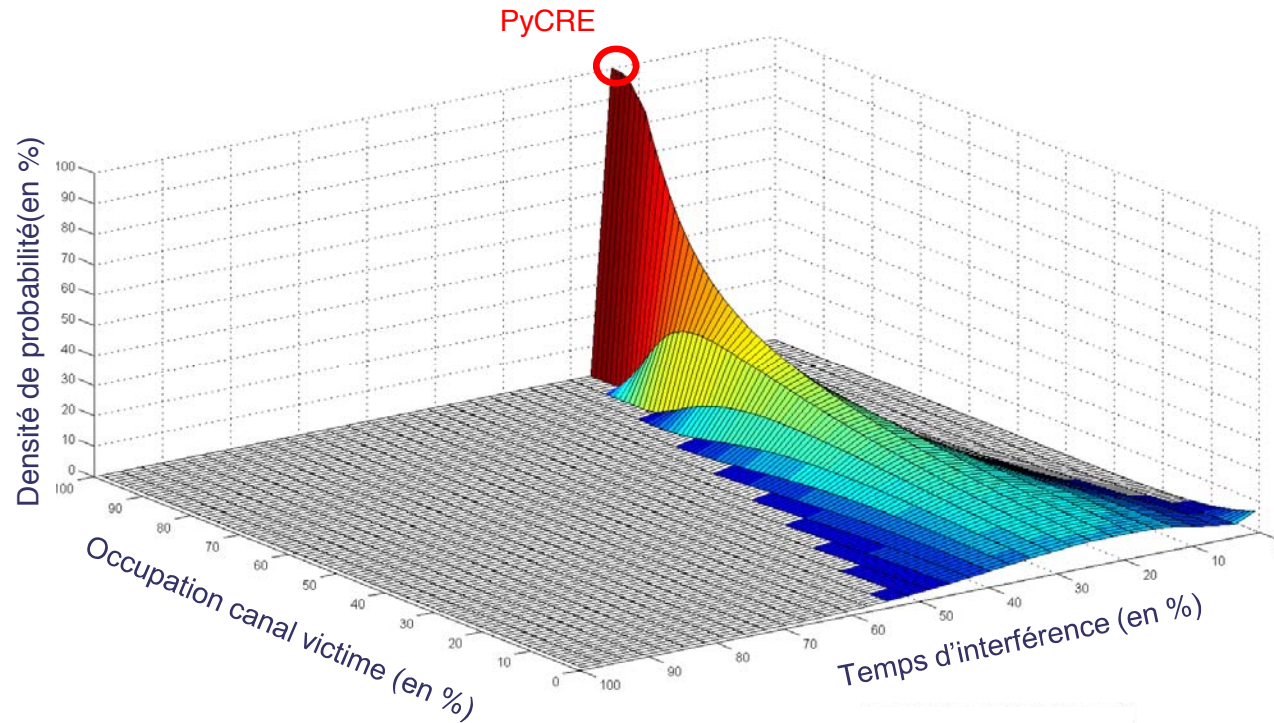
Exemple :

- 1 fenêtre d'observation T_{obs}
- 1 système victime dont l'occupation canal varie entre 0 et 100 % de T_{obs}
- 1 système perturbateur dont l'occupation canal est de 25% de T_{obs}



01/04/2015

Distribution de probabilité du temps d'interférence en fonction de l'occupation canal victime



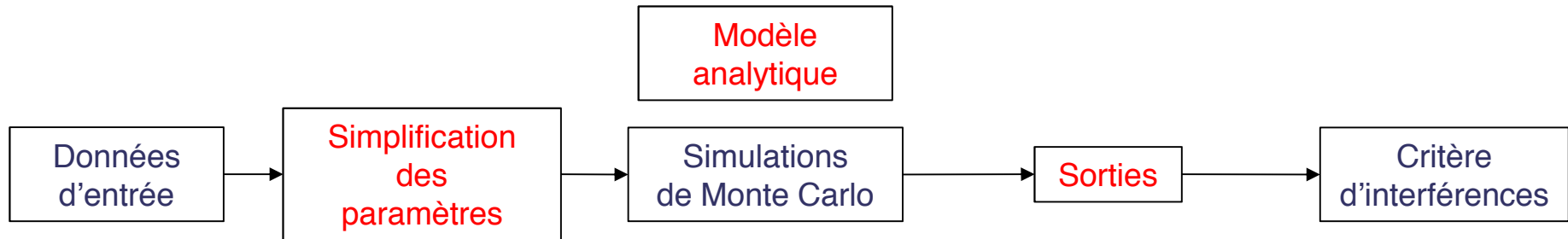
L'analyse statistique des sorties permet :

- **La prise en compte des extrema**
 - Point crucial qui transforme une case orange en rouge ou verte en fonction du résultat.
- **Une meilleure prédiction du TEB réel**

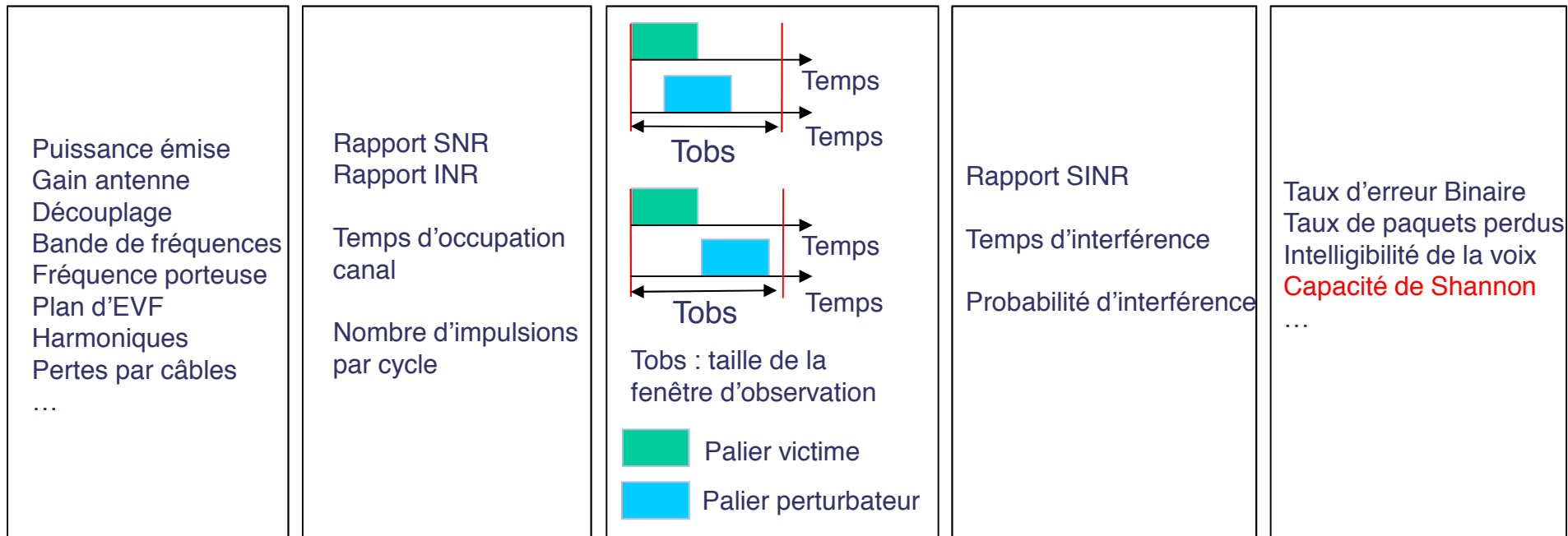
01/04/2015

Schéma de synthèse des travaux d'optimisation

En rouge les optimisations



Optimisation de la fenêtre d'observation

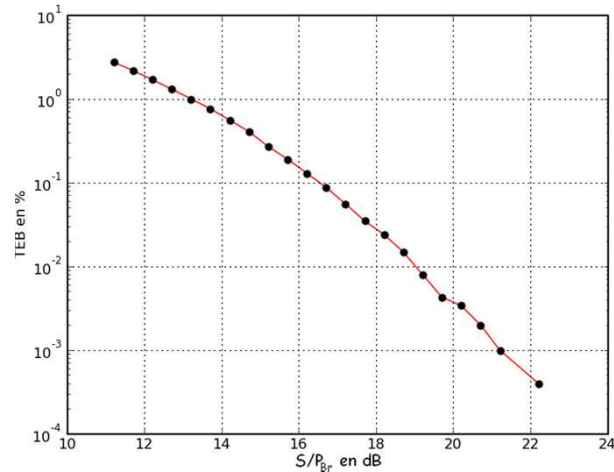


SNR : Signal to Noise Ratio
INR : Interference to Noise Ratio
SIR: Signal to Interference Ratio

$$SINR = \frac{1}{\frac{1}{SNR} + \frac{1}{SIR}}$$

Difficulté traduire le temps d'interférence et/ou le rapport SINR en critère d'interférence

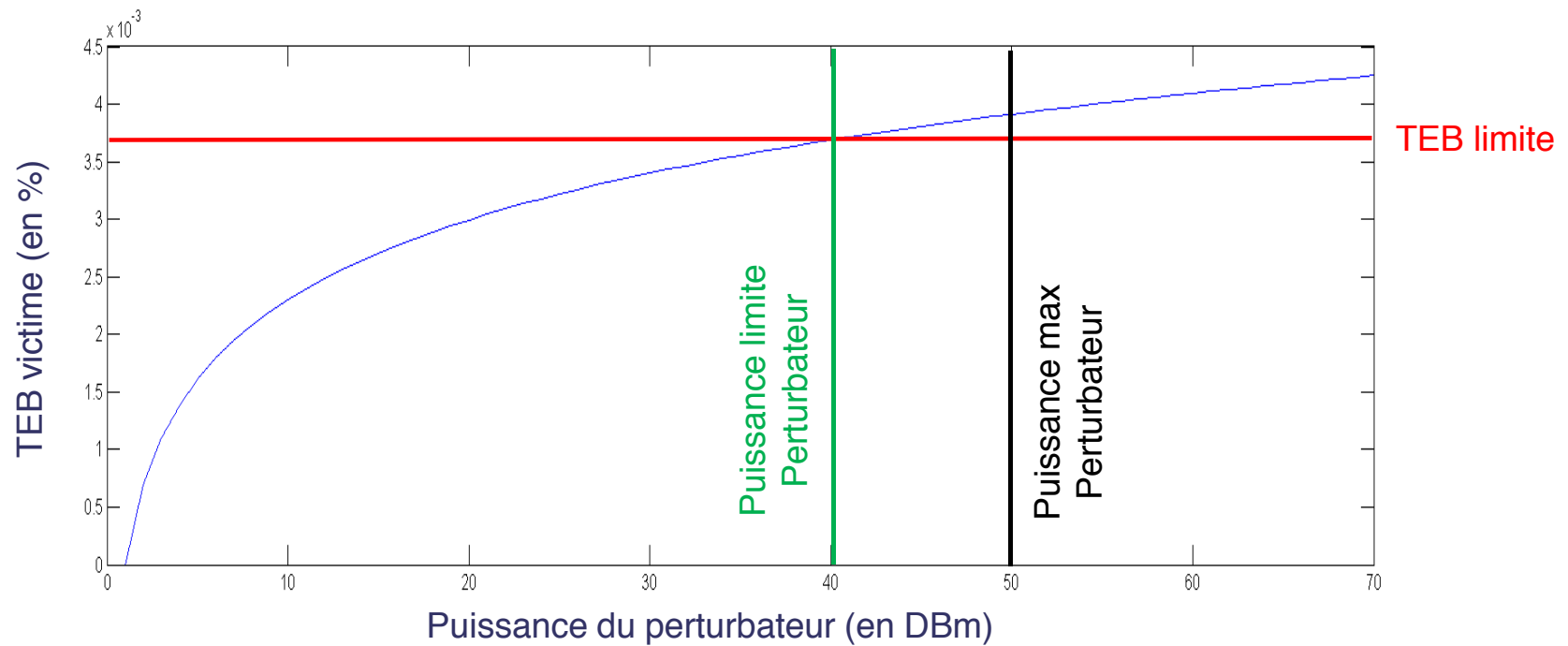
- Vecteur de conversion constructeur du SIR vers le TEB



- Capacité de Shannon – Hartley : débit optimal à taux d'erreur zéro

$$Capacité = T_{SNR} \cdot \log_2(1 + SNR * T_{SNR}) + T_{SINR} \cdot \log_2(1 + SINR * T_{SINR})$$

- Le critère ne donne pas le débit réel mais sa borne haute.
- Critère permettant de quantifier la dégradation de la borne haute du débit en présence d'interférence



- Si la puissance du perturbateur > puissance limite → **INTERFERENCE**

Perspectives :

Automatiser le processus et concevoir la fonction d'optimisation.

Objectifs :

- Optimisation de PyCRE :
 - Diminution de la complexité du modèle
 - Suppression des simulations de Monte Carlo
 - Amélioration de l'estimation du TEB
- Assurer la coexistence des systèmes aux travers des modes dégradés
 - Modélisation des aspects opérationnels

Perspectives :

- Automatiser l'étude et concevoir la fonction d'optimisation de la puissance du perturbateur
- Etendre les modes dégradés à d'autres caractéristiques d'entrées

Merci pour votre attention

01/04/2015