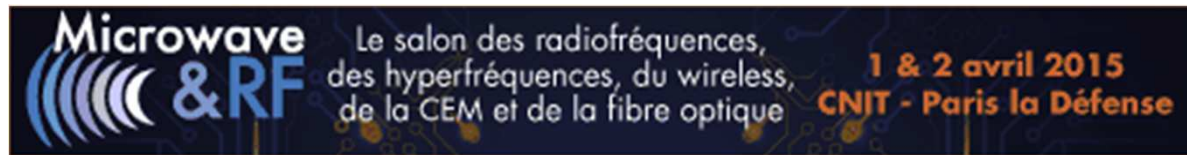




# PyCRE – Evaluation de la Performance/ Coexistence des Systèmes



# AFCem

**Evlin YALCIN**

Thales Communications & Security

Durcissement, Instrumentation et Sûreté des Systèmes

[evlin.yalcin@thalesgroup.com](mailto:evlin.yalcin@thalesgroup.com)

# THALES

## ❑ Introduction

- De la CRE à la Coexistence
- Modèle de calcul des interférences usuel en CRE
- Nouveaux besoins en modèles/méthodes pour la Coexistence

## ❑ Démarche d'une analyse de CRE/Coexistence

## ❑ PyCRE

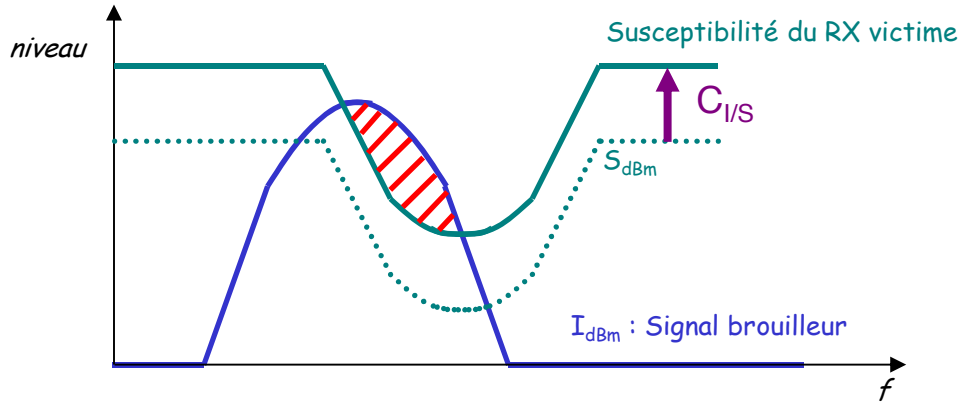
- Les modèles et algorithmes de PyCRE
- Algorithme MFO
  - ✓ Modélisation des signaux dans le temps
  - ✓ Validation

## ❑ BILAN

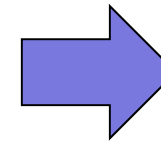
- ❑ **Tournant**
- ❑ **La complexité des systèmes d'aujourd'hui et demain est telle qu'on ne peut plus se passer d'une gestion optimisée de la charge utile**
- ❑ **espace saturé / « blanking partout » pas acceptable  
>> interférences inévitables**
- ❑ **il ne s'agit plus de vérifier la compatibilité EM entre les équipements mais plutôt leur coexistence EM**
- ❑ **= « vivre ensemble même si on dégrade un peu les performances »**

# Modèle de calcul des interférences usuel en CRE

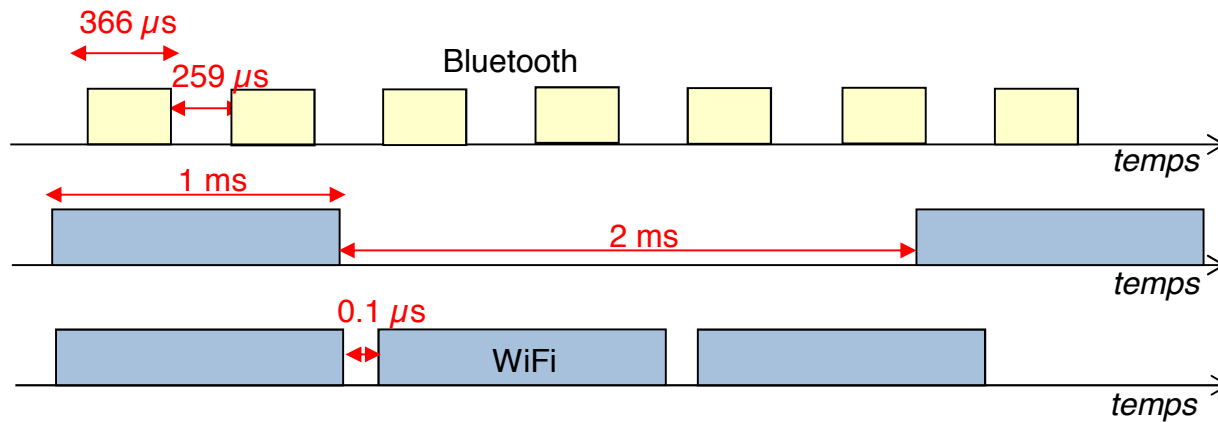
$$\text{Interference}_{dB} = S_{dBm} - I_{dBm} + \text{FDR}_{dB} \quad (1)$$



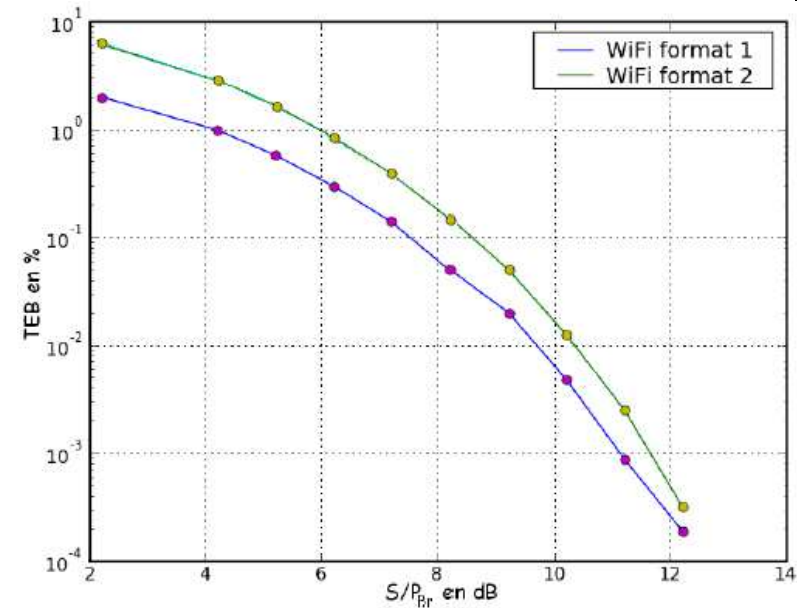
**Modélisation  
« pire cas »  
(signaux CW)**



**Résultats  
pessimistes,  
Solutions trop  
contraignantes**

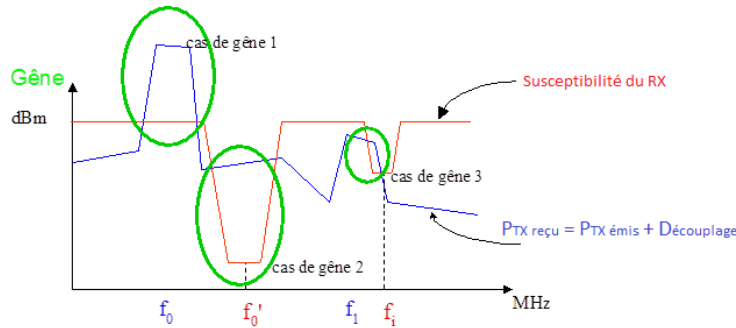


Format	Longueur paquets WiFi	Idle
1	1 ms	2 ms
2	1 ms	0,1 μs

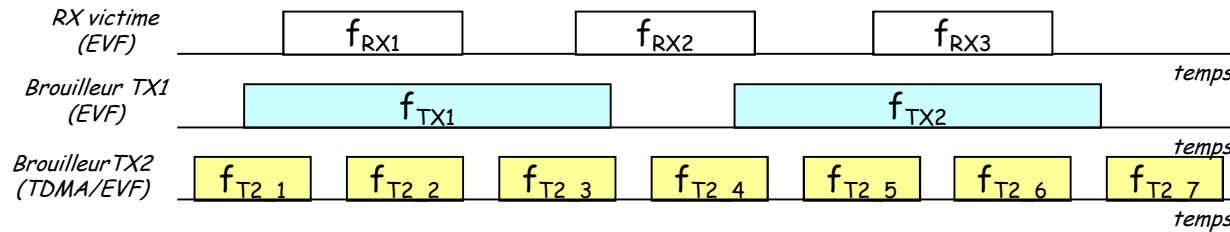


- ❑ **Concevoir de nouveaux moyens de calculs de coexistence pour optimiser les performances du système**
  - Prendre en compte les formes d'onde des signaux (Salves, EVF, CDMA, TDMA etc.)
  - Savoir modéliser plus précisément les découplages entre antennes (calculs 3D, systèmes multi-échelles)
- ❑ **Faire face à de fortes combinatoires pour optimiser les analyses**
  - Etablir une démarche d'analyse globale
  - Modèles génériques, paramétrables
  - Automatisation des calculs
- ❑ **Gérer les pbs d'interférences entre com en tenant compte des autres contraintes EM>> Gestion de la Coexistence de la Charge Utile**
  - Extension des modèles aux équipements GE
  - Extension des modèles aux radars
  - Prise en compte d'autres contraintes type RADHAZ (DREP, DRAM, DREA, DREC)
- ❑ **Optimiser la gestion de la coexistence d'un système au cours de sa vie**
  - Capitalisation des modèles et résultats >> Re-use

## □ Analyse spectrale



## □ Analyse des formes d'onde

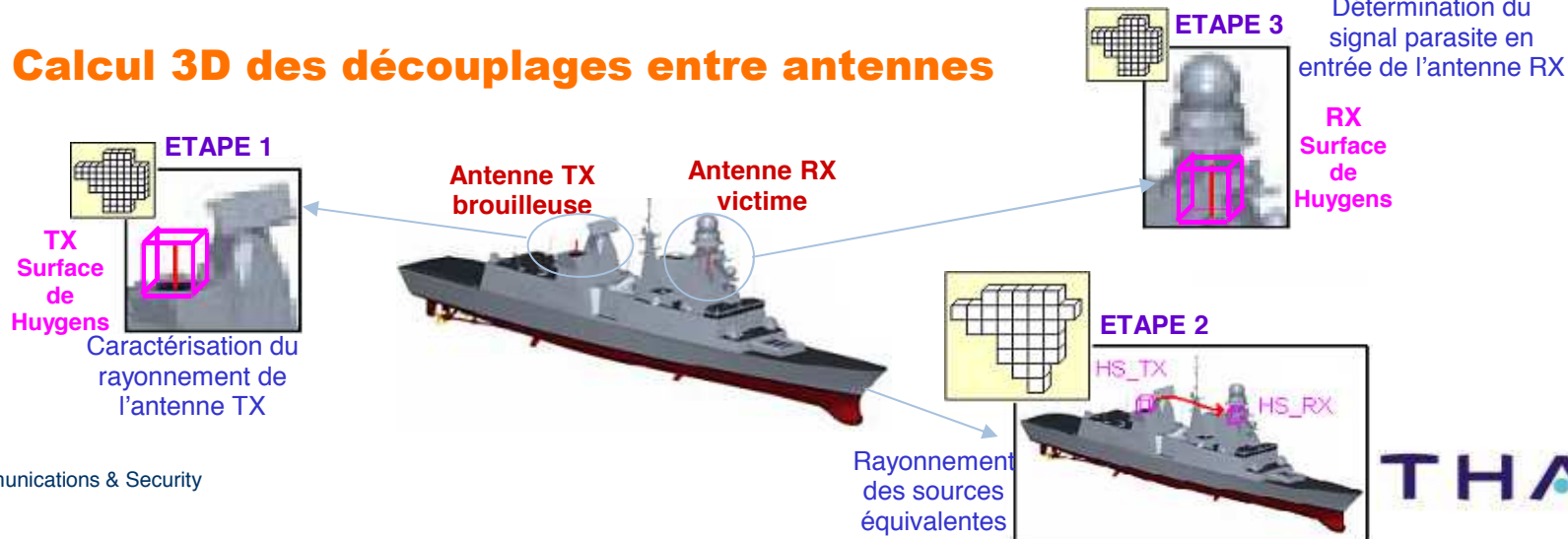


## Matrice de Coexistence = Ligne directrice

		Perturbateur			
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Victime	T <sub>1</sub>	■	?	■	■
	T <sub>2</sub>	■	■	■	■
	R <sub>1</sub>	?	?	■	■
	R <sub>2</sub>	?	?	?	■

## □ Analyse des contraintes opérationnelles

## □ Calcul 3D des découplages entre antennes

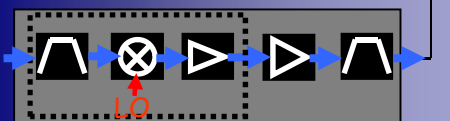


Analyse simple spectrale

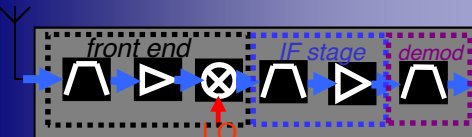
Analyse plus détaillée des formes d'onde

## COUCHE PHYSIQUE

### Modèle d'émetteur



### Modèle de récepteur

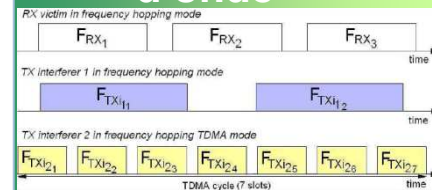


Données de découplage issues de mesures ou calculs

MAJ de la matrice de coexistence

## COUCHE MAC

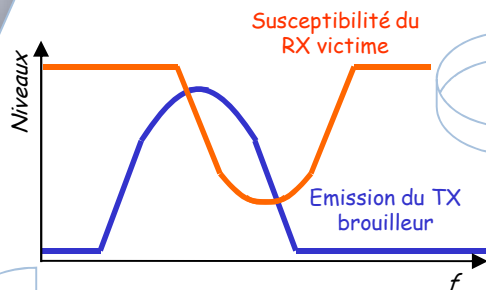
### Algorithme Multi formes d'onde



ÉVALUATION PERFORMANCE/ COEXISTENCE du SYSTÈME

MAJ de la matrice de coexistence

Calculs des TEB pour signaux en salves & EVF-normale

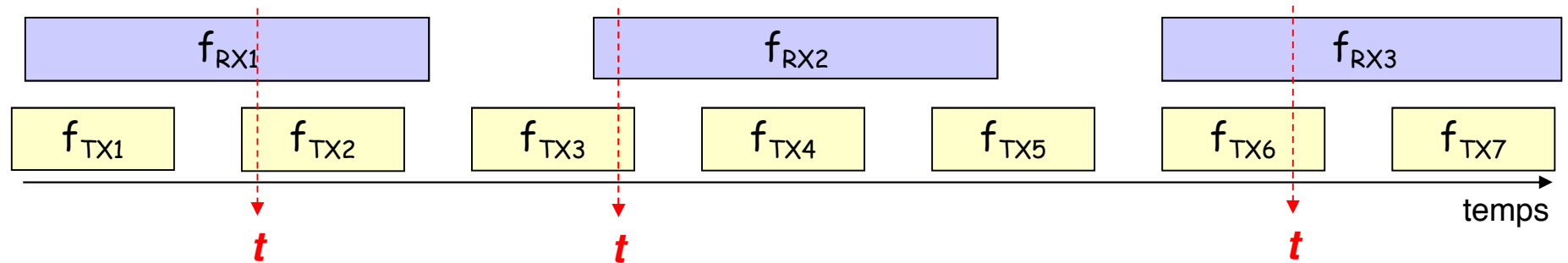


Calculs des interférences S/I en CW

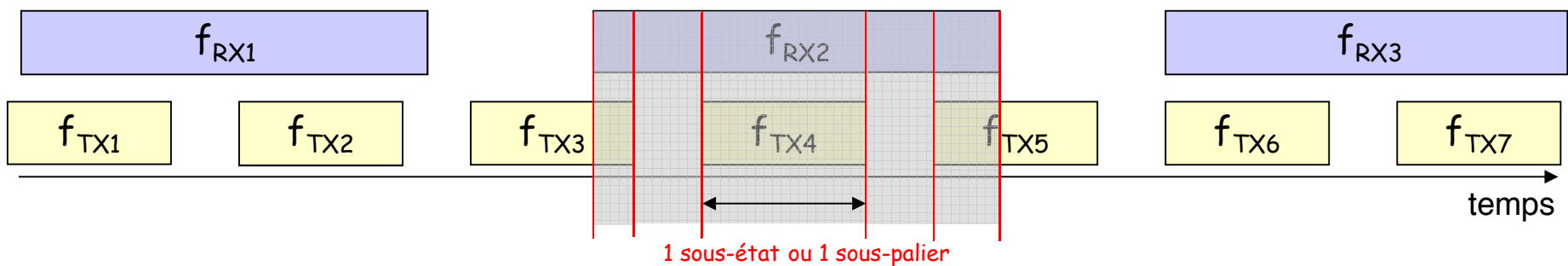
Matrice de coexistence initiale

Calcul des gabarits d'émission des brouilleurs et de susceptibilité des récepteurs victimes

- ❑ **Modélisation statistique - méthode de Monte Carlo**
- ❑ **À  $t$ , pendant une durée d'écoute du RX victime, la fréquence + le positionnement temporel relatif des signaux du système sont des variables aléatoires**



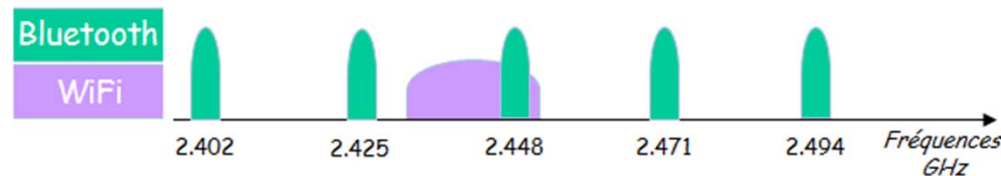
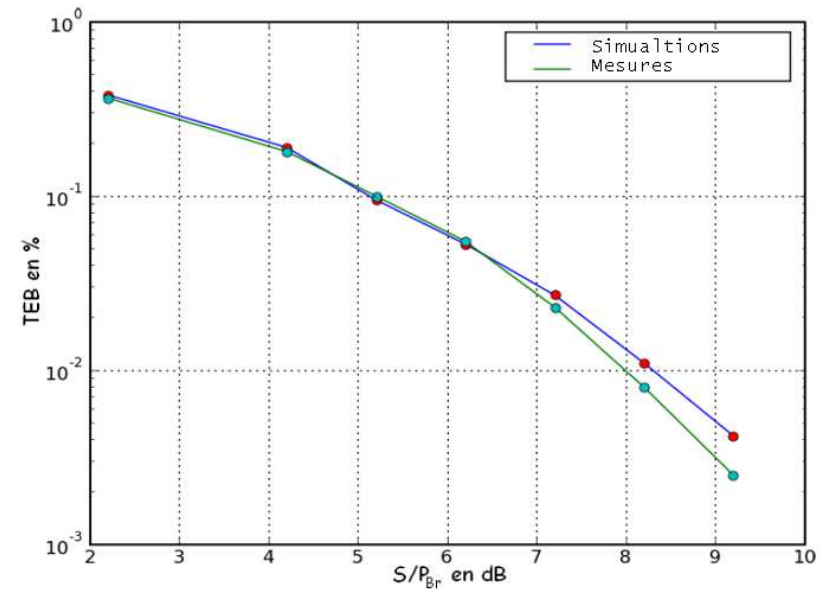
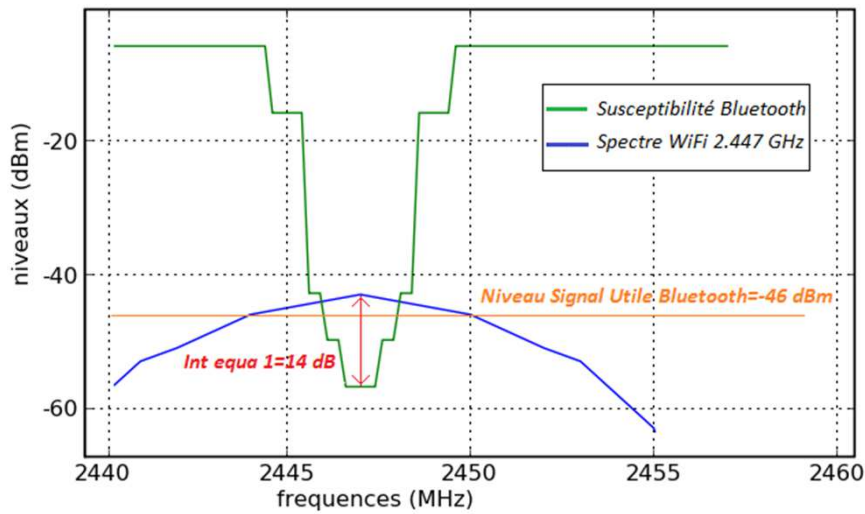
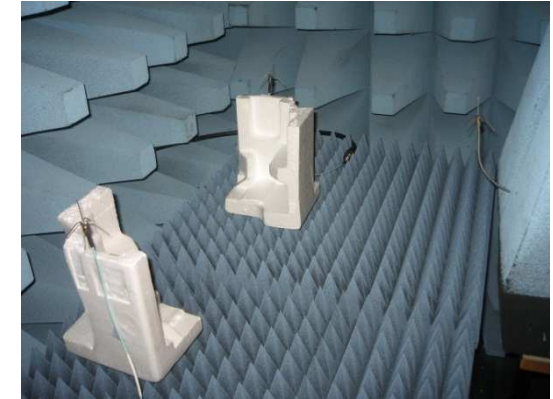
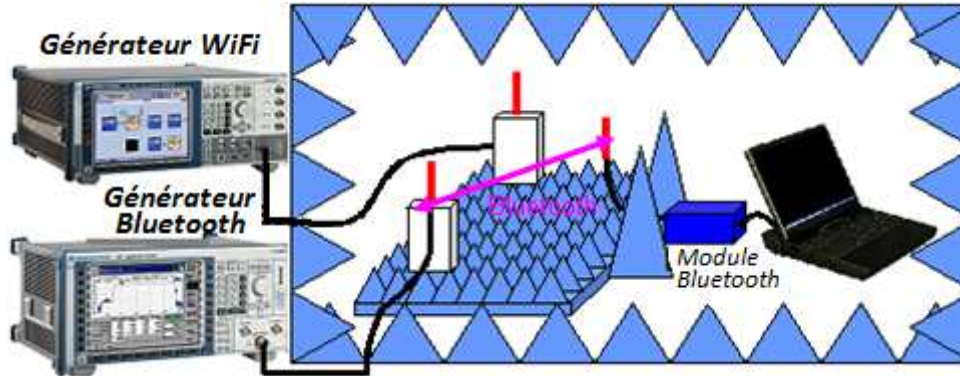
- ❑ **Décomposition en configurations fréquentielles instantanées = Décomposition de l'état global du système en autant de « sous-états » que de fois qu'un des équipements du système change de comportement**



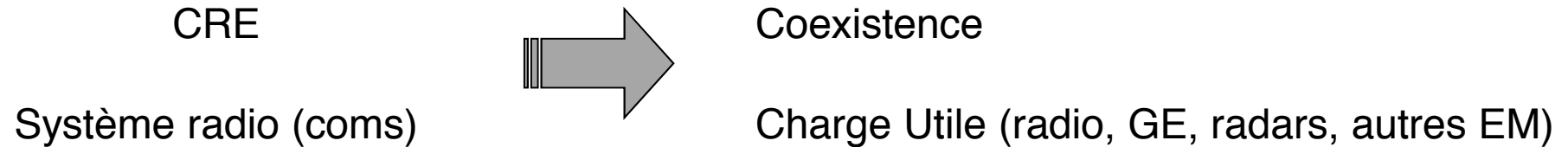
$$\text{Interference}_{dB} = S_{dBm} - I_{dBm} + \text{FDR}_{dB} \quad (1)$$



- ❑ Bluetooth/WiFi à 2.4 GHz sur la bande ISM
- ❑ Mesures/Simulations performance liaison victime Bluetooth / Puissance brouilleur WiFi à proximité



❑ **Objectif = Optimiser les performances de la charge utile des systèmes**



❑ **Moyens: Concevoir de nouveaux moyens de calcul**

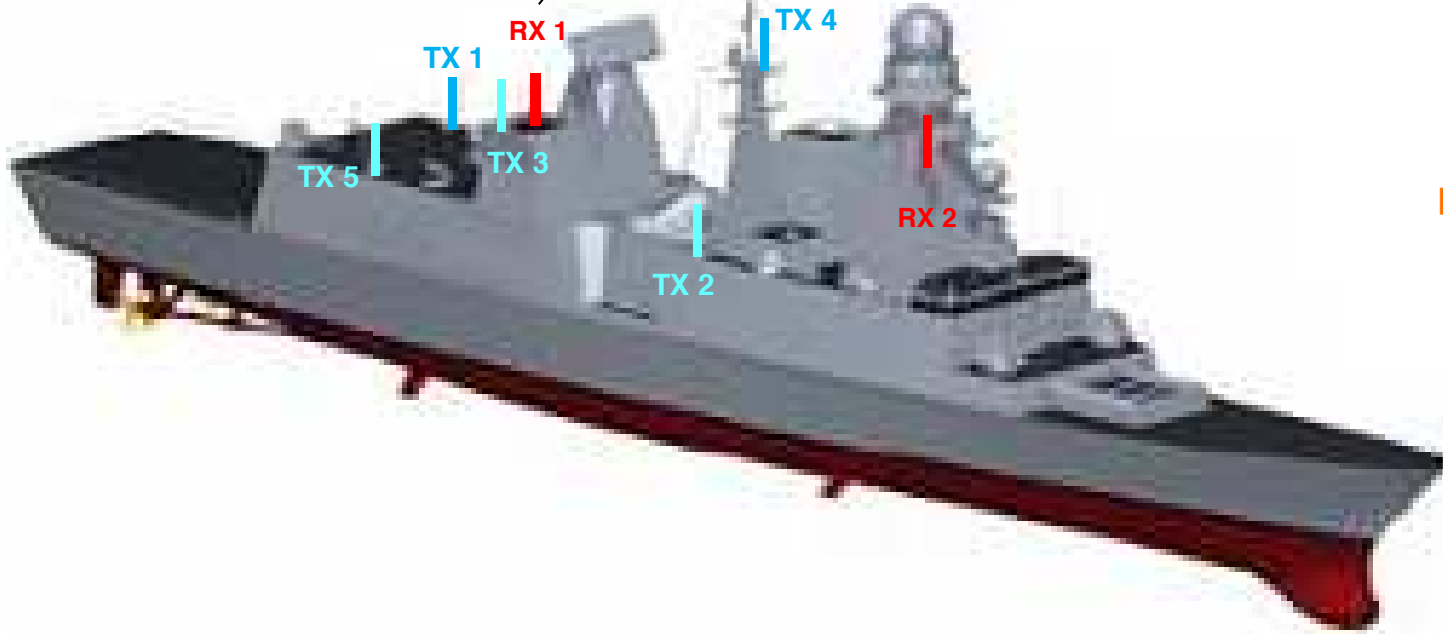
- Permettant les approches « conception » et « exploitation »
- Tenant compte des aspects temporels des signaux et opérationnels
- Modèles génériques de préférence analytiques >> systèmes multi formes d'onde
- Permettant le calcul précis de découplage entre antennes même sur systèmes complexes et multi-échelles
- Appelés par l'Expert Coexistence aux diverses étapes de son analyse suivant une démarche bien spécifique avec une ligne directrice: la Matrice de Coexistence MAJ à chaque étape
- Aidant à faire face aux fortes combinatoires, une fois automatisés.
- Permettant la capitalisant des données de Coexistence de la charge utile d'un système au cours de sa vie

❑ **Travaux amont THALES/DIS sur les calculs de coexistence= vision globale du pb, formalisation de la démarche et de ce nouveau métier + conception PyCRE, KAWA, PROMETHEE**

RX1= « ON », Perf=100% OK  
 TX1= « ON », Perf = 100%  
 TX2= « OFF », Perf = 0% Brouilleur 1  
 TX3= « OFF », Perf = 0% Brouilleur 2  
 TX4= « ON », Perf = 100%  
 TX5= « OFF », Perf = 0% Brouilleur 3

RX1= « ON », Perf=78% OK  
 TX1= « ON », Perf = 100%  
 TX2= « ON », Perf = 62%  
 TX3= « OFF », Perf = 0%  
 TX4= « ON », Perf = 100%  
 TX5= « ON », Perf = 71%

RX1= « ON », Perf=45% NOK  
 TX1= « ON », Perf = 100%  
 TX2= « ON », Perf = 62%  
 TX3= « ON », Perf = 30%  
 TX4= « ON », Perf = 100%  
 TX5= « ON », Perf = 71%



**Conception d'un outil de pilotage de la charge utile et de formation des équipages**