



# 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

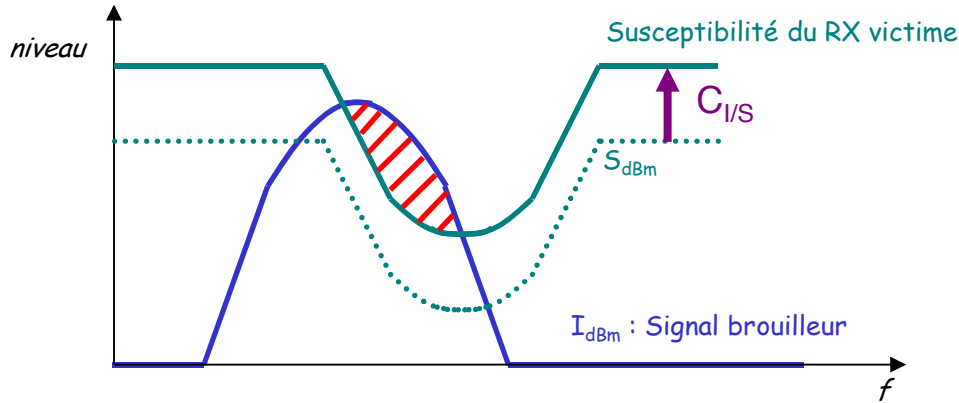
- Les modèles et algorithmes de PyCRE
- Algorithme MFO
  - ✓ Modélisation des signaux dans le temps
  - ✓ Validation

## ❑ BILAN

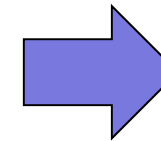
- ❑ **Tournant**
- ❑ **La complexité des systèmes d'aujourd'hui et demain est telle qu'on ne peut plus se passer d'une gestion optimisée de la charge utile**
- ❑ **espace saturé / « blanking partout » pas acceptable  
>> interférences inévitables**
- ❑ **il ne s'agit plus de vérifier la compatibilité 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

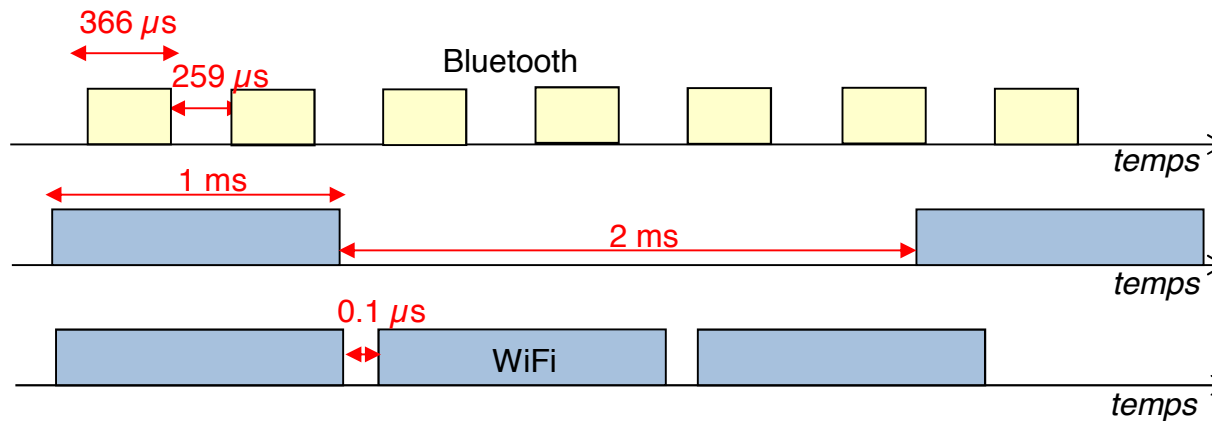
$$\text{Interference}_{dB} = S_{dBm} - I_{dBm} + \text{FDR}_{dB} \quad (1)$$



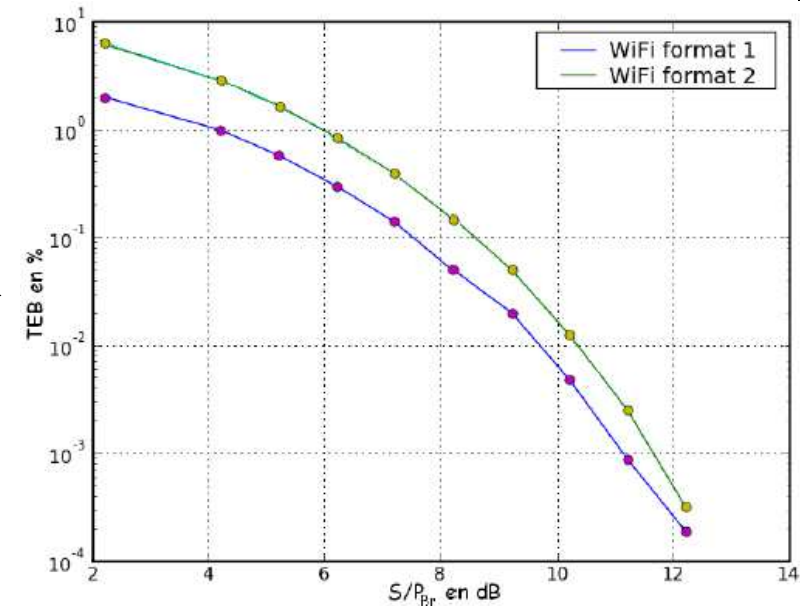
**Modélisation  
« pire cas »  
(signaux CW)**



**Résultats  
pessimistes,  
Solutions trop  
contraignantes**

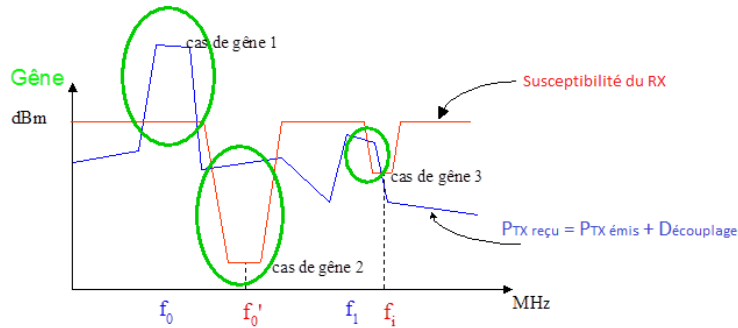


Format	Longueur paquets WiFi	Idle
1	1 ms	2 ms
2	1 ms	0,1 $\mu s$

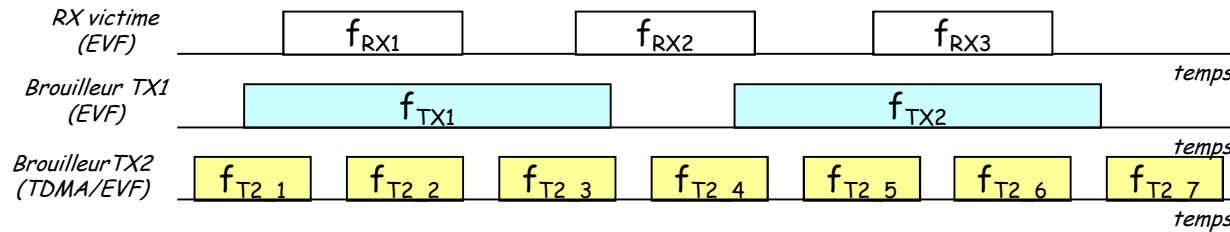


- ❑ **Concevoir de nouveaux moyens de calculs de coexistence pour optimiser les performances du système**
  - Prendre en compte les formes d'onde des signaux (Salves, EVF, CDMA, TDMA etc.)
  - Savoir modéliser plus précisément les découplages entre antennes (calculs 3D, systèmes multi-échelles)
- ❑ **Faire 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

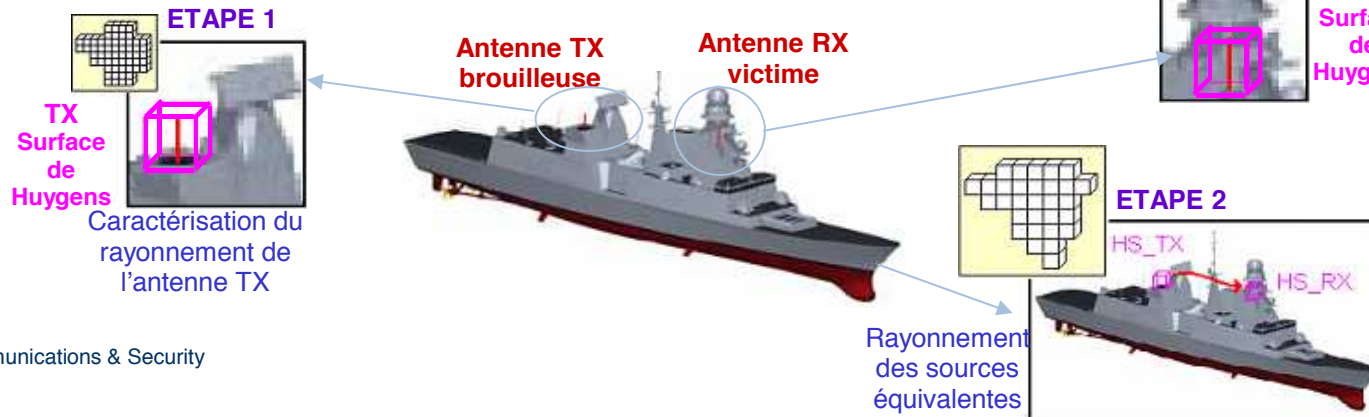


## □ Analyse des formes d'onde



## □ Analyse des contraintes opérationnelles

## □ Calcul 3D des découplages entre antennes



## Matrice de Coexistence = Ligne directrice

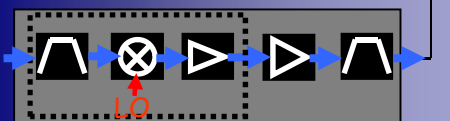
		Perturbateur			
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Victime	T <sub>1</sub>	■	?	■	■
	T <sub>2</sub>	■	■	■	■
	R <sub>1</sub>	?	?	■	■
	R <sub>2</sub>	?	?	?	■

Analyse simple spectrale

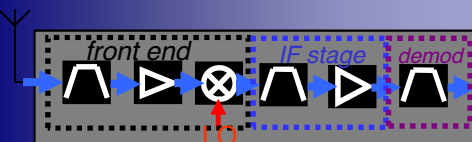
Analyse plus détaillée des formes d'onde

## COUCHE PHYSIQUE

### Modèle d'émetteur



### Modèle de récepteur

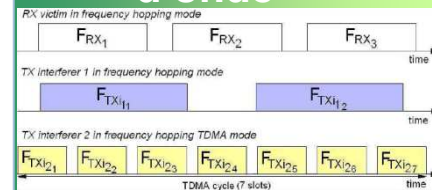


Données de découplage issues de mesures ou calculs

MAJ de la matrice de coexistence

## COUCHE MAC

### Algorithme Multi formes d'onde

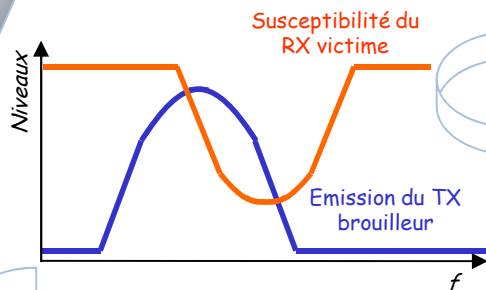


ÉVALUATION PERFORMANCE/ COEXISTENCE du SYSTÈME

MAJ de la matrice de coexistence

Matrice de coexistence initiale

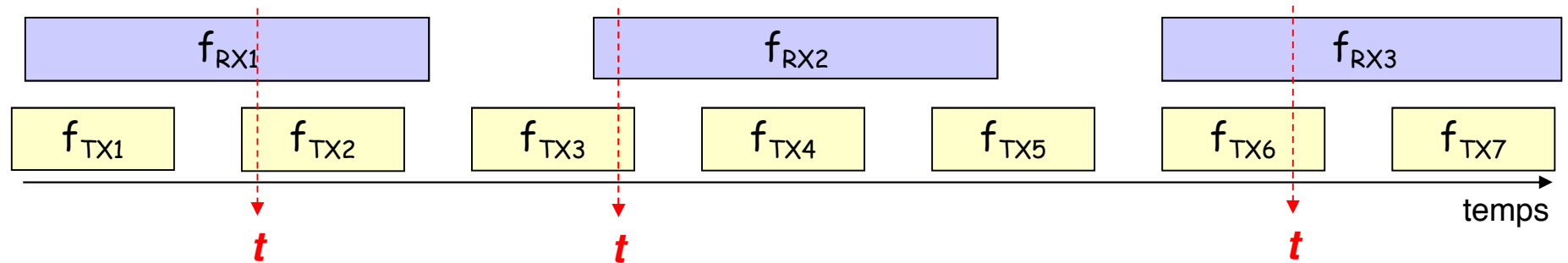
Calcul des gabarits d'émission des brouilleurs et de susceptibilité des récepteurs victimes



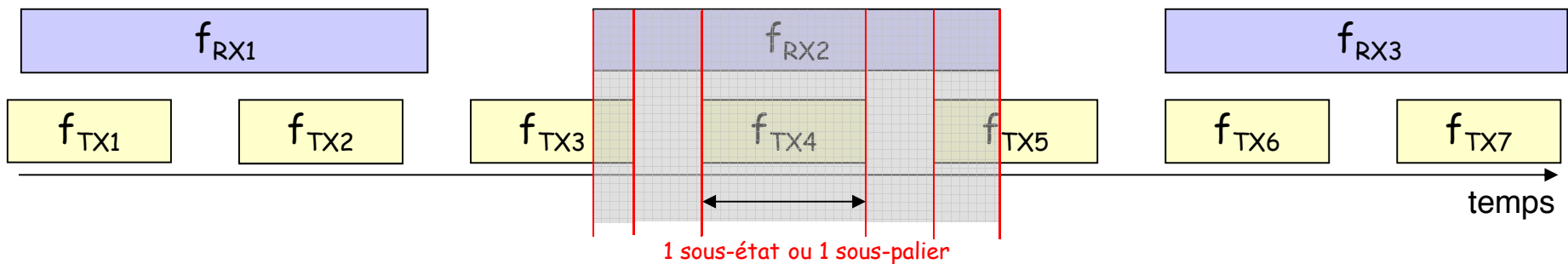
Calculs des TEB pour signaux en salves & EVF-normale

Calculs des interférences S/I en CW

- ❑ **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**



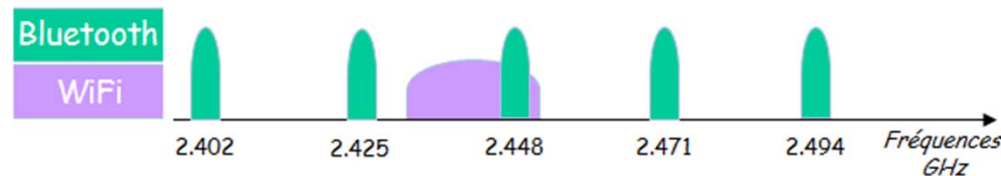
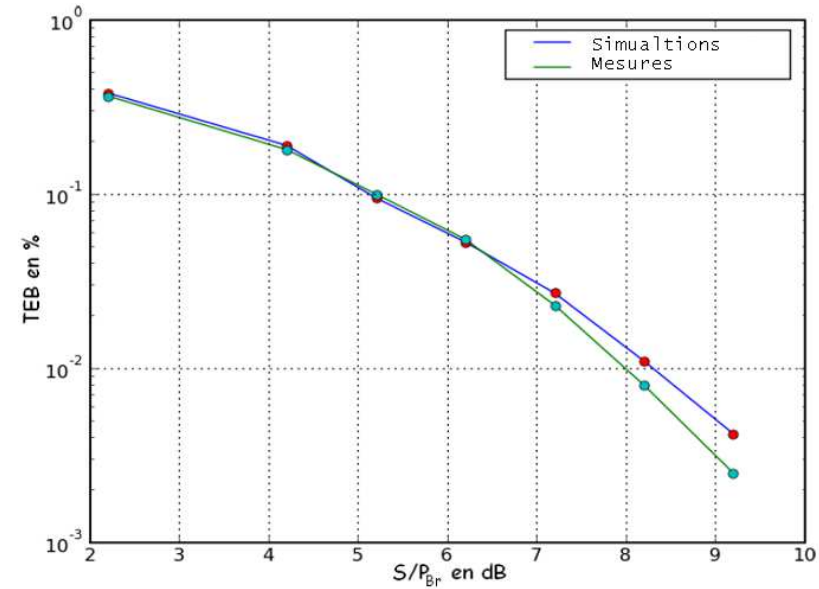
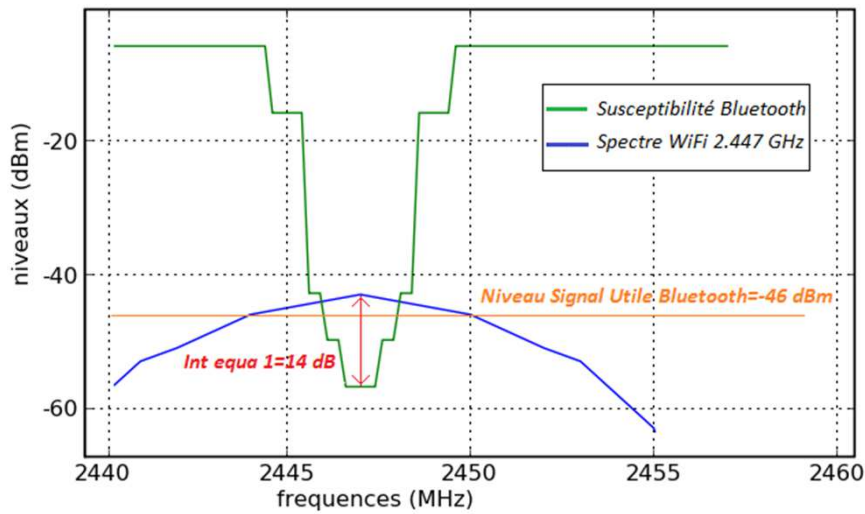
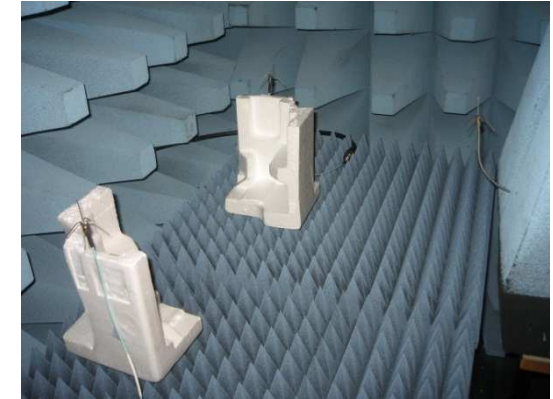
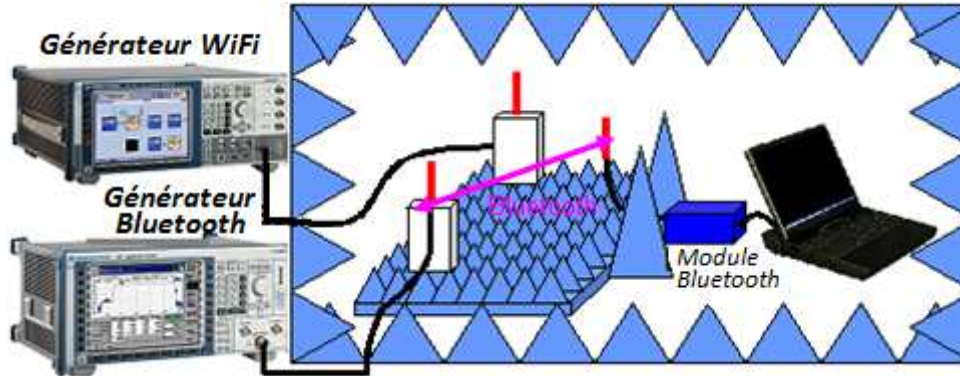
- ❑ **Décomposition en configurations fréquentielles instantanées = Décomposition de l'état global du système en autant de « sous-états » que de fois qu'un des équipements du système change de comportement**



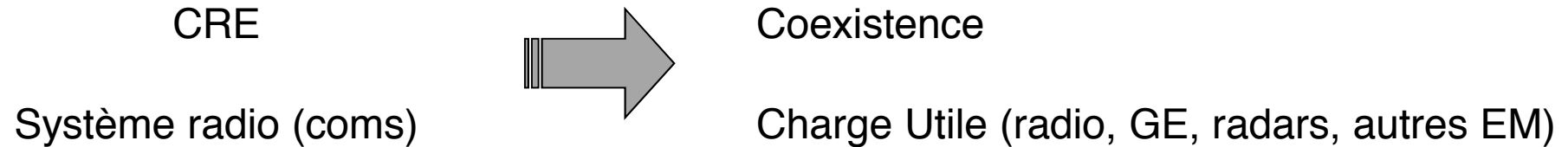
$$\text{Interference}_{dB} = S_{dBm} - I_{dBm} + \text{FDR}_{dB} \quad (1)$$



- ❑ 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

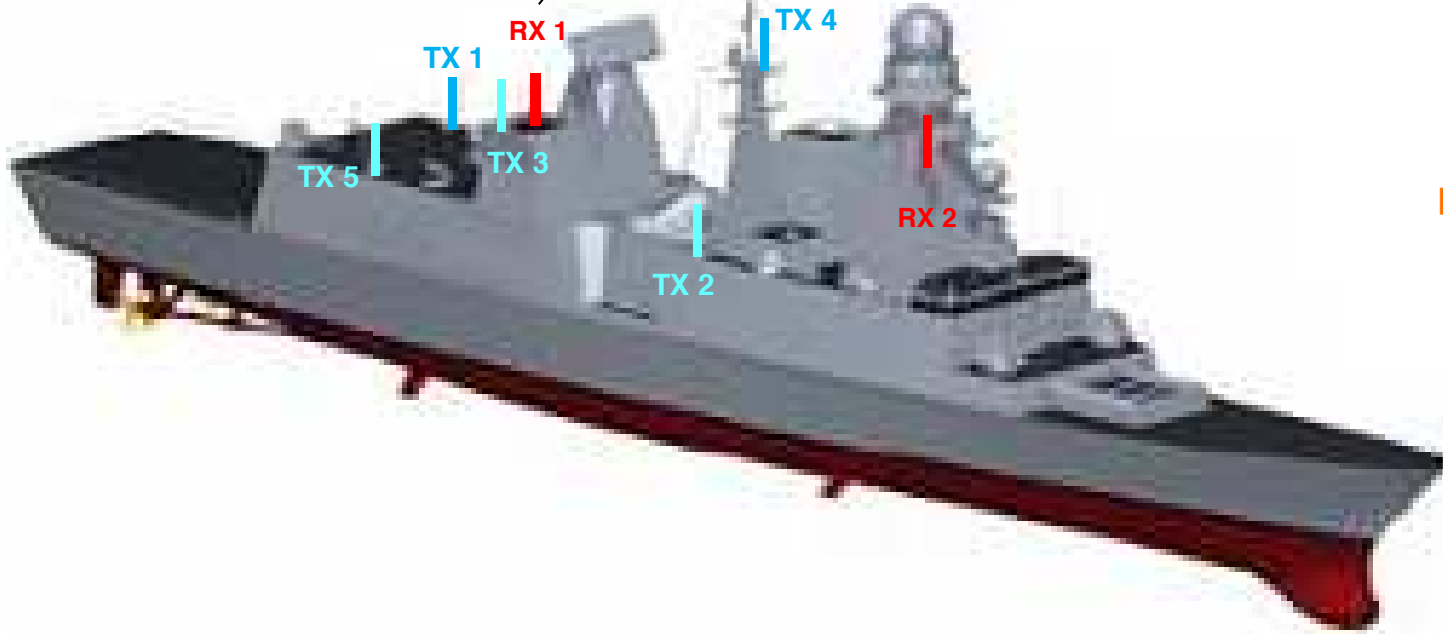
- Permettant les approches « conception » et « exploitation »
- Tenant compte des aspects temporels des signaux et opérationnels
- Modèles génériques de préférence analytiques >> systèmes multi formes d'onde
- Permettant le calcul précis de découplage entre antennes même sur systèmes complexes et multi-échelles
- 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**