



L'ÉLECTROMAGNÉTISME, 150-1 UNE SCIENCE EN PLEINE ACTION !

ATCEM : ATELIER DE CEMIS - Optimisation de l'emploi du spectre

ATCEM : EMI WORKSHOP - Spectrum use optimization

Dr **LEGENDRE Jean-François***

* DGA Maîtrise de l'information, jean-francois.legendre@dga.defense.gouv.fr

Mots-clefs : *propagation, spectre, optimisation* *propagation, spectrum, optimization*

Résumé

Le développement des technologies ainsi que l'accroissement des besoins en systèmes ou fonctions radioélectriques nécessitent de plus en plus de ressources spectrales, et entraînent des problèmes de **compatibilité électromagnétique inter-système**. Faute de traitement ces problèmes peuvent se traduire par la **dégradation des performances des systèmes**. Il est donc nécessaire **d'optimiser l'emploi des bandes de fréquences militaires** et de déterminer au plus tôt les solutions aux problèmes de partage de bandes de fréquences entre systèmes. Il faut identifier et traiter les **risques de perturbations radioélectriques** entre systèmes militaires et entre systèmes civils et militaires, lors des déploiements opérationnels

ATCEM est un outil d'expertise permettant de réaliser des études afin :

- d'évaluer/coordonner des nouveaux équipements dans des environnements radioélectriques réalistes,
- d'aider à identifier des solutions de partage,
- d'évaluer les contraintes (fréquences, distance, temps) de cohabitation entre systèmes pour limiter les conséquences des interférences (pertes de performances...),
- d'évaluer des quantités de spectre nécessaire au fonctionnement d'un équipement

1. Présentation des modules d'ATCEM

L'outil ATCEM comprend différents modules

- Catalogues (antennes, sites)
- Déploiements (déterministes, aléatoires)
- Coordination (calcul de contraintes, de zone de perturbations émetteur/récepteur...)
- Allocation de fréquences
- Statistiques (via SeamCAT, <http://www.ero.dk/>)
- Accès au TNRBF (tableau de répartition des bandes de fréquences)

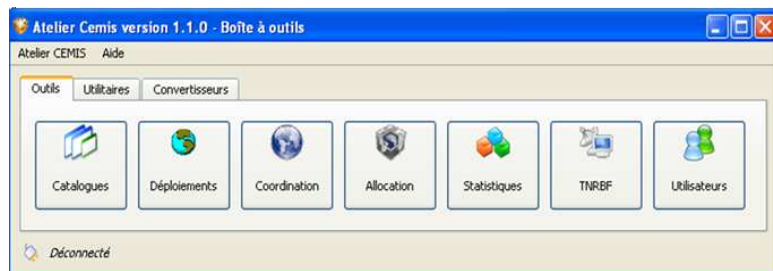


Figure 1 – les modules de l'outil ATCEM

1.1. Module des catalogues

Ce module permet

- Modélisation détaillée des équipements radioélectriques et des systèmes : radios du combattant, radios cellulaires, radars terrestres, stations terriennes, stations de diffusion, faisceaux hertziens, mobiles terrestres, aériens et maritimes, capteurs de guerre électronique, équipements sans fil, etc.
- Liste des antennes
- Affichage des courbes de rayonnement
- Gestion des courbes d'antennes
- Gestion des courbes de spectre et de sélectivité
- Import de données issues de différentes sources via un format pivot XML - Données en provenance des outils Spectrum XXI et Spectre, de la Base Interarmées des Assignations de Fréquences (BIAF)...

Nom	Origine	Propriétaire	Directivité	Fréq. min (MHz)	Fréq. max (MHz)	Gain max (dBi)
ANT PARAB 6 M	BIAF	admin	Directive	860	2100	32
ANT PARAB 6,0M 12D-44/60	BIAF	admin	Directive	4400	5000	46
ANT PARAB 6M+P7	BIAF	admin		4400	5000	47
ANT PARAB 7M THP7+P7	BIAF	admin	Directive	4400	5000	48
ANT PARAB 8,5 M	BIAF	admin	Directive	4400	5000	50
ANT PARAB CASS 1,1M FDAD 23/11	BIAF	admin	Directive	2300	2700	25
ANT PARAB CASS 1,5M ARP2500	BIAF	admin	Directive	2300	2700	28
ANT PARAB CASS 2M ARP2500	BIAF	admin	Directive	2300	2700	30.5
ANT PARAB CASS 3M ARP2500	BIAF	admin	Directive	2300	2700	35.5
ANT PARAB CASS 3M PAX 10-44	BIAF	admin	Directive	4400	5000	41
ANT PARAB CASS 4,6M 3BT12376	BIAF	admin	Directive	4400	5000	45
ANT PARAB DAS-142A	BIAF	admin	Directive	14200	15350	48.5
ANT PARAB OD3	BIAF	admin		1700	2700	32
ANT PARAB OD3M+P3	BIAF	admin	Directive	4400	5000	39
ANT PARAB OD3M+P3	BIAF	admin	Directive	1700	2700	39
ANT PARAB SFH 311-70CM	BIAF	admin	Directive	10700	11700	34
ANT PARAB VML100D	BIAF	admin	Directive	10700	11200	39.2

Figure 1 - Catalogue des antennes

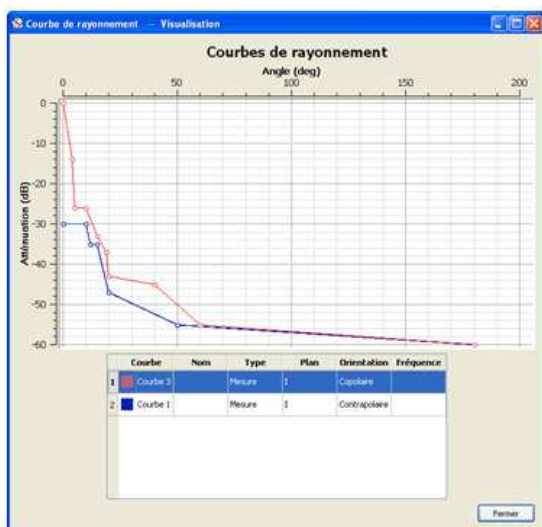


Figure 3 - Diagramme de rayonnement

1.2. Module de déploiements

Ce module permet :

- La construction de déploiements à l'aide de différents filtres (géographiques, fréquentiels, types de systèmes).
- La représentation spatiale des données (raster/ vectorielles).
- L'affichage d'informations sur le relief du terrain (altimétrie, planimétrie, topographie).
- La visualisation de profils.
- L'appel aux modèles de propagation des ondes CARDIF

Le modèle CARDIF utilise un profil de terrain issu d'un Modèle Numérique de Terrain et prend en compte les phénomènes de : réfraction atmosphérique (dN/dh constant), diffraction sur obstacles multiples (Deygout, Epstein et Peterson), Diffraction sur terre lisse et sphérique (Boudouris), diffraction par le sur-sol, atténuation par les gaz... Ce modèle a été validé par rapport à un grand nombre de mesures et a été optimisé pour les calculs en limite de zone de couverture (liaisons très diffractantes).

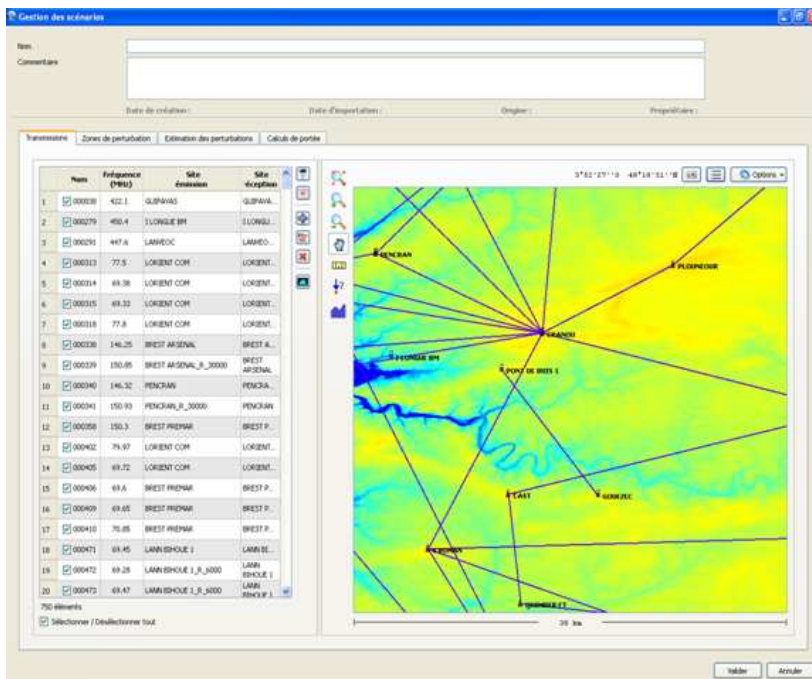


Figure 4 - Déploiement de faisceaux hertziens

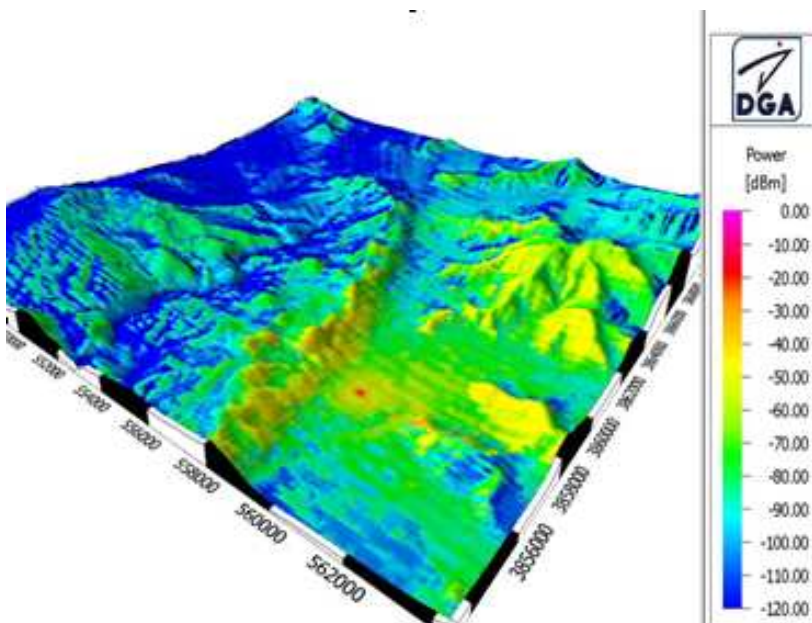


Figure 5 - Calcul d'atténuation de propagation

1.3. module modPCR (modélisation des performances de la chaîne de réception)

Cet outil est destiné à calculer les performances d'un récepteur soumis à un perturbateur. Les systèmes modélisés sous Matlab/Simulink® sont : fréquence fixe, OFDM, évasion de fréquence (EVF), saut de fréquence, radar, bruit BBAG... Les performances sont matérialisées par des valeurs de TEB en fonction du rapport entre la puissance utile reçue et la puissance perturbatrice reçue.

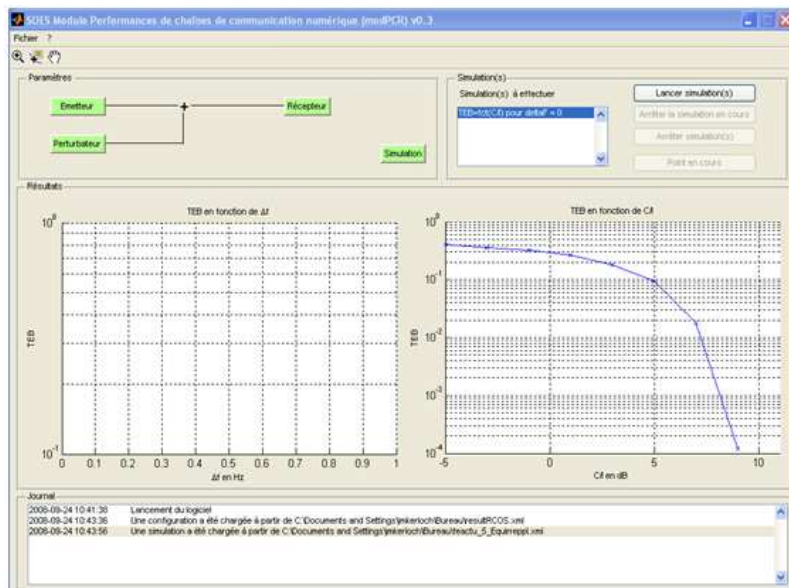


Figure 6 – outil ModPCR

1.4. Module de coordination

Ce module analyse l'impact des perturbations potentielles entre des systèmes utilisés simultanément selon différents critères (ex : rapport signal à bruit). En prenant en compte des aspects temporels (forme d'onde EVF) et les aspects géométriques mobiles (rotation des radars), ce module permet des études de coordination de fréquences incluant des calculs :

- de contraintes fréquentielles,
- de zones de perturbation des émetteurs,
- de zones de perturbation d'un récepteur,
- de portée radioélectrique.

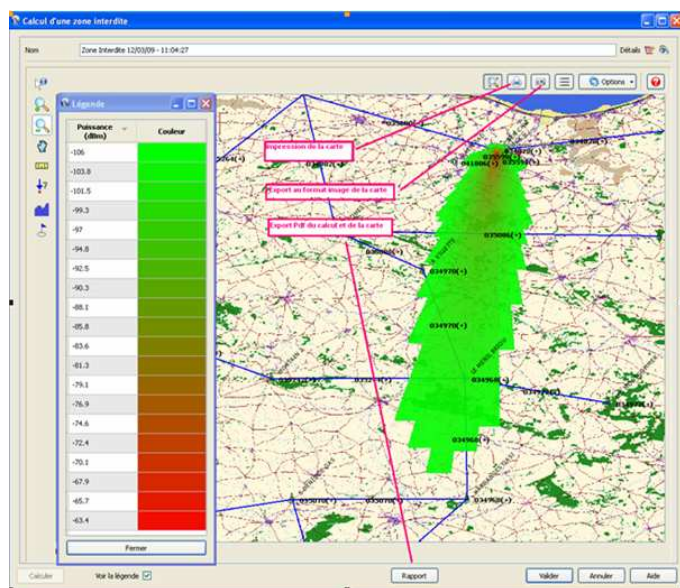


Figure 7 – Module de coordination

1.5. Module d'allocation de fréquences

Ce module vient en complément du module de coordination (calcul de contraintes fréquentielles) et offre un levier supplémentaire de coordination lié à l'allocation de fréquences. Il donne accès à des algorithmes d'allocation de fréquences performants dont le rôle est de déterminer la meilleure allocation possible en fonction de différents critères d'optimisation : utilisation spectrale minimale, qualité de communication optimale, etc. Ce module cherche à résoudre au mieux le problème posé, en dégradant le moins possible les exigences et contraintes (CEMIS, réglementaires, matérielles, utilisateurs) issues de la coordination

1.6. Module TNRBF

Ce module donne accès au contenu de la répartition réglementaire des bandes de fréquences définie par l'UIT et par l'ANFR. Il dispose de fonctionnalités de recherche et d'extraction de la réglementation par mots clés : affectataire, service, catégorie de service, statut, bande de fréquences, région...

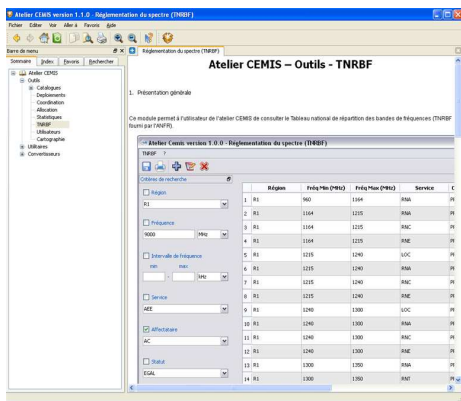


Figure 8 – Module TNRBF

2. Mise en œuvre d'une étude de CEM-InterSystèmes

La figure ci-dessous illustre l'enchaînement des différents modules de l'atelier ATCEM pour mener à bien une étude de CEM-InterSystèmes et évaluer la quantité de spectre nécessaire pour un scénario donné. Un déploiement est créé soit manuellement soit par import de la BIAF dans les catalogues. Le module de coordination appelle le modèle de propagation CARDIF et établit des contraintes fréquentielles qui peuvent être enrichies des contraintes réglementaires issues d'extractions du module TNRBF. Ces contraintes sont résolues ensuite par le module d'allocation de fréquences qui alloue la ressource fréquentielle nécessaire pour satisfaire toutes les contraintes. ON en déduit la quantité de spectre nécessaire pour un déploiement donné.

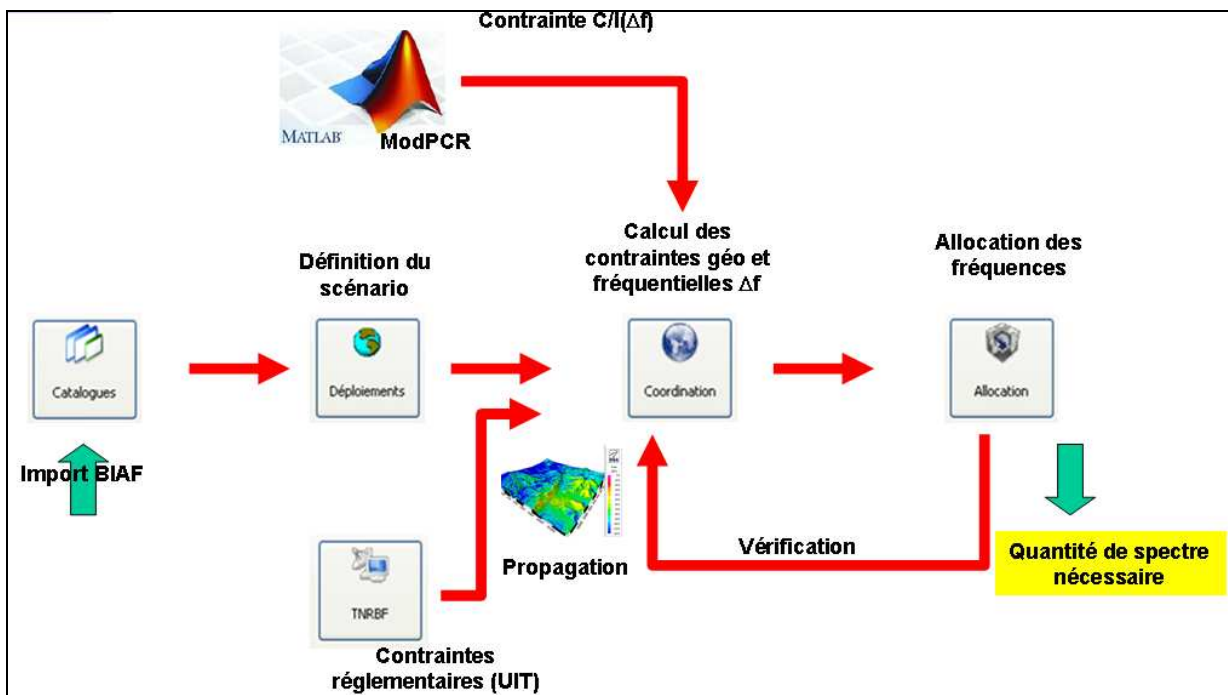


Figure 9 – processus d'une étude CEM-IS