

1. INTRODUCTION AU PROJET PIRATES

1.1. Mandat

Développer les capacités de radiogoniométrie(RG) de l'explorateur de spectre(ES) ainsi que les outils d'analyse nécessaires pour faire la corrélation entre les stations captées et la base de données du SGAL.

Le projet PIRATES fait partie du grand projet de l'intégration de l'explorateur de spectre dans les opérations de la gestion du spectre électromagnétique.

Le projet PIRATES était anciennement connu sous le nom "OBJECTIF LUNE".

1.2. Objectifs

1. Réaliser le concept intégré de deux ou plusieurs explorateurs de spectre avec antennes goniométriques, synchronisés par GPS et fonctionnant simultanément à partir d'endroits différents en mode de balayage à large bande et à haute vitesse. Ce concept inclut la direction d'où proviennent les signaux des stations radio captées et l'enregistrement de ces données ainsi que d'autres paramètres techniques tels le niveau de signal et la largeur de bande des signaux captés.
2. Développer les outils nécessaires pour localiser les emplacements des stations radio captées en utilisant les données de direction enregistrées par les explorateurs de spectre, faire la corrélation avec la base de données du SGAL, créer des listes d'anomalies et cartographier les résultats à l'aide de MapInfo.
3. Développer des méthodes de travail automatisées pour faciliter l'introduction des nouveaux outils dans les opérations.
4. Fournir la formation aux agents de la gestion du spectre.

1.3. L'Explorateur de spectre

C'est au CRC que l'Explorateur de spectre a été créé. Cette technologie exceptionnelle, fondée sur des architectures de logiciels ouverts et de matériel, a été conçue par des chercheurs du CRC en 1993 pour aider Industrie Canada à évaluer l'utilisation et la qualité du spectre des radiofréquences. Elle a remporté un succès considérable dès sa création. Non seulement l'Explorateur de spectre est-il beaucoup moins cher que d'autres systèmes commerciaux, mais il est aussi plus convivial et bien plus souple.

L'Explorateur de spectre soutient plusieurs configurations de matériel selon les exigences, les fonctions particulières et l'exploitation du système. Il fonctionne sur un

PC à processeur double à haute vitesse utilisant le système d'exploitation MS Windows NT, Windows 2000 ou Windows XP.

L'Explorateur de spectre peut effectuer toute une gamme de mesures, y compris les suivantes :

(a) Balayage à large bande

Les mesures à large bande comprennent la détection des signaux, la caractérisation de la puissance et de la fréquence, l'estimation du niveau du plancher de bruit, et l'enregistrement d'une base de données. L'analyseur de signaux de communications est offert, en option, pour identifier des paramètres de signaux spécifiques, tels que la modulation et le format du système de communications sous-jacent. Le Radiogoniomètre à large bande est une autre option qui permet d'estimer instantanément l'angle d'arrivée de tous les signaux détectés.

(b) Analyseur de spectre numérique

L'analyseur de spectre soutient toutes les fonctions d'un analyseur de spectre standard, y compris les fonctions de marquage, le calcul de la moyenne, le zoomage avant-arrière, etc. En outre, il peut estimer de manière précise le niveau de bruit; il peut capturer les signaux déclenchés par un seuil d'alarme; et il peut acheminer des signaux à l'analyseur des signaux de communications. Il peut être aussi utilisé pour repasser l'enregistrement de signaux aux fins de post-analyse ou de soutien.

(c) Analyseur de signaux de communications

L'analyseur de signaux de communications est un logiciel particulier qui permet l'analyse en temps réel des signaux interceptés. Les signaux numériques sont traités dans l'explorateur de spectre afin de les analyser individuellement et d'évaluer leurs caractéristiques. L'Analyseur de signaux de communications comprend un logiciel de reconnaissance automatique de la modulation et une interface graphique pour la présentation des résultats. Les modulations identifiées comprennent les modes CW, AM, DSB-SC, FM, FSK, SSB, BPSK, QPSK, M-PSK, M-QAM, pi/4QPSK, et 16-QAM. Le système peut démoduler les signaux en mode AM, SSB, FM, FSK binaires, et DE-BPSK.

(d) Radiogoniométrie

Le radiogoniomètre à large bande est un logiciel particulier qui permet le calcul parallèle de l'angle d'arrivée de tous les signaux détectés, à la vitesse de 20 000 voies par seconde. Ce logiciel est une option d'explorateur de spectre et peut être utilisé conjointement avec un système de localisation géographique pour afficher sur une carte l'emplacement de tous les signaux détectés simultanément par deux ou plusieurs explorateurs de spectre fonctionnant à des endroits différents.

Le radiogoniomètre à large bande de l'explorateur de spectre est l'outil principal pour la réalisation du projet PIRATES.

1.4. Méthodologie

Le radiogoniomètre de l'explorateur de spectre fournit la direction d'où provient un signal. Un minimum de deux radiogoniomètres installés dans des endroits différents et synchronisés par GPS permet de localiser les émetteurs qui ont été captés simultanément par les deux radiogoniomètres.

Chaque explorateur de spectre balaye une table de balayage à haute vitesse. La table de balayage peut contenir plusieurs bandes de fréquences. Les antennes goniométriques utilisées peuvent limiter la plage de fréquences à balayer.

Lorsqu'un signal est détecté, plusieurs paramètres techniques dont la direction (angle d'arrivée), la fréquence, la largeur de bande et la puissance du signal sont enregistrés dans un fichier texte.

Une fois les séances de balayage complétées, les données enregistrées dans le fichier texte sont analysées à l'aide du logiciel '**Location Analysis**'. Ce logiciel utilise l'angle d'arrivée des signaux détectés pour calculer l'emplacement des stations captées et fournit les paramètres permettant de tracer l'ellipse d'incertitude autour de chaque station.

Un programme s'exécutant sous MapInfo permet de visualiser l'emplacement des bases détectées ainsi que leur zone d'incertitude. Ce programme montre aussi les stations autorisées dans la base de données du SGAL.

Si une station du SGAL n'apparaît pas à l'intérieur de la zone d'incertitude d'une station détectée, ou proche de cette zone d'incertitude, la station détectée devient suspecte et est ciblée pour vérifications additionnelles.

Si ces vérifications additionnelles confirment qu'il n'y a vraiment pas de stations autorisées sur la fréquence visée dans le voisinage de l'ellipse d'incertitude, la station détectée est ajoutée à une liste d'anomalies. Les agents travaillant dans le contrôle du spectre ont accès à cette liste d'anomalies et c'est à eux de décider des mesures à prendre pour résoudre ces anomalies. Selon les priorités opérationnelles, ils pourraient décider d'ouvrir des enquêtes dirigées.

1.5. Historique

2001

Première utilisation du radiogoniomètre à large bande de l'Explorateur de spectre par la région du Québec au sommet des Amériques.

La région du Québec d'Industrie Canada (STIT-Q) reconnaît le besoin de localisation automatique des émetteurs afin de rendre la surveillance spectrale des grandes villes plus automatisée et plus performante. STIT-Q décide de travailler avec le CRC pour développer le radiogoniomètre de l'Explorateur de spectre, ainsi que les antennes goniométriques pour rencontrer ce besoin.

2002

Création d'un groupe de travail pour vérifier l'emplacement de stations à l'aide du système de radiogoniométrie de l'explorateur de spectre et d'outils d'analyse.

Séance de balayage à deux sites en novembre 2002. Les améliorations suivantes furent réalisées:

- Synchronisation des explorateurs de spectre à l'aide de GPS pour permettre au programme « Location Analysis » d'utiliser l'horodatage lors de l'analyse afin de déterminer l'angle d'arrivée à un moment précis.
- Automatisation de l'analyse à l'aide de MapInfo grâce à un logiciel s'exécutant sous ce même système.
- Adoption de l'ellipse pour déterminer la zone d'incertitude pour chaque base détectée. Auparavant, cette zone d'incertitude était représentée par des cercles. Les paramètres sont calculés par le programme « Location Analysis ».

2004

CRC en collaboration avec DGSE et le bureau de Montréal de STIT-Q complète le développement d'une antenne goniométrique opérationnelle dans la bande 150 à 1000 MHz (CRC-BD150-1000). Cette antenne possède des caractéristiques avancées tel que la calibration automatique du senseur et des câbles éliminant tout effet de dérive associé avec ces éléments. Cependant, après essai dans le champ par le bureau de Montréal, la précision de l'antenne affiche des résultats d'environ 8 à 10 degrés rms au lieu du 5 degrés rms prévu.

2005

Le CRC, DGSE et le bureau de Montréal de STIT-Q poursuivent leurs travaux pour comprendre et proposer des solutions au problème de précision de l'antenne goniométrique. Il semblerait que la performance soit améliorée en augmentant le degré de filtrage des données provenant de la calibration de l'antenne. Il est donc proposé d'étudier la performance goniométrique de l'antenne du CRC dans le champ en utilisant

une nouvelle calibration à filtrage plus élevé.

2006 – Tests du CRC à St-Rémi en Novembre 2006

Vérification de la performance du radiogoniomètre de l'explorateur de spectre dans le champ avec une nouvelle calibration d'antenne plus performante. Sur toutes les bandes mesurées, de 150 à 470 MHz et de 806 à 850 MHz, l'erreur était de 4.4 degrés RMS. Cette vérification donne des résultats nous permettant d'entreprendre d'avantage d'essais et de mesures avec le radiogoniomètre de l'explorateur de spectre. Les résultats montrent qu'il sera possible de poursuivre le projet de localisation automatique des émetteurs à l'aide de l'explorateur de spectre.

2007

STIT-Q octroie un contrat au CRC pour construire une antenne similaire à la CRC-BD150-1000 déjà développée par le CRC. Cependant, la nouvelle antenne couvrirait la plage de 115 à 1000 MHz ce qui nécessiterait la présence de deux antennes juxtaposées verticalement chacune optimisée pour couvrir une plage en fréquence réduite mais consécutive. Un système de relais, situé à l'intérieur de l'antenne, permettrait de commuter les signaux et d'étalonner les câbles automatiquement. La carte de contrôle des relais placée dans le boîtier VXI ainsi que les câbles RF et de contrôle seraient aussi inclus.

Autres améliorations réalisées durant l'année:

- Corrections à la synchronisation par GPS
- Modifications au logiciel Location Analysis pour intégrer les dernières améliorations de l'algorithme permettant de localiser les stations à l'aide des fichiers recueillis par l'ES/RG.
- Amélioration au logiciel Location Analysis afin de procurer le maximum des mesures de largeur de bande pour chaque station détectée.

2007 – Sommet de Montébello

Essaie de la nouvelle antenne goniométrique QR-201 du CRC couvrant de 100 MHz à 3 GHz au sommet de Montébello. Utilisation d'une table de balayage de 108 MHz à 960 MHz. Bonne précision obtenue aux alentours de + ou – 5 degrés rms.

2007 – Tests du CRC à St-Rémi en Octobre 2007

- Validation et calibration de la nouvelle antenne QR-201 en utilisant une balise émettrice.

- Il reste à valider l'antenne dans un environnement électromagnétique réel lors des mesures à Montréal prévues pour novembre 2007.
- Les tests ont démontré une bonne performance dans la bande de 100 à 500 MHz, mais possiblement une interaction entre les structures d'antennes dans la bande 500 à 2700 MHz qui pourrait influencer la précision. La recherche va se poursuivre pour identifier la source du problème et donner à STIT-Q une antenne goniométrique performante sur toute la plage de fréquences.

1.6. Documents de référence

Le présent rapport renferme plusieurs liens vers des documents classés dans le système de gestion documentaire de STIT-Q. Si des lecteurs n'ayant pas accès à ces documents désirent obtenir des copies de ces fichiers, il suffira de contacter les auteurs du rapport.

2. PARTICIPANTS

STIT-Q

- Stéphane Routhier Responsable du projet
- Donald Courcy Coordonnateur du projet
- Alain Hébert Responsable des installations matérielles
- Mario Côté Programmation et expertise en MapInfo
- Eddy Paul Validation de sites, exécution et recherche de stations
- Ugo Barrette Mise à jour des tables de balayage et recherche de stations

DGSE

- Don Paskovich Coordonateur de l'ES pour Industrie Canada
- Donald Roy Développement d'un dll pour le calcul de la puissance

De plus, les membres du **CRC** indiqués ci-dessous ont développé l'ES, *Location Analysis* et fourni l'expertise nécessaire pour les mesures.

- Ernie Matt
- Martial Dufour
- Dwight Hill
- Dr. François Patenaude

Nous avons également eu le plaisir d'accueillir Gordon Herrmann, de la **région du Pacifique**, en tant qu'observateur pendant nos sessions de balayage.