

## RECOMMANDATION UIT-R SM.1537

**Automatisation et intégration de systèmes de contrôle du spectre  
avec gestion automatisée du spectre**

(Question UIT-R 68/1)

(2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que des systèmes automatisés de gestion du spectre sont disponibles pour apporter un appui aux activités d'administration, d'attribution de licences, d'analyse technique et de contrôle visant à simplifier un grand nombre des responsabilités de l'administration du spectre radioélectrique;
- b) que les réseaux informatiques modernes permettent à un système automatisé de gestion du spectre et à des stations de contrôle du spectre d'une administration d'être reliés entre eux, de sorte qu'un opérateur placé à un poste de travail quelconque du système est en mesure, s'il dispose des autorisations de sécurité appropriées, d'accéder à toutes les ressources des composantes générales de contrôle et de gestion du spectre, permettant ainsi une mise en œuvre intégrée et souple de la planification des tâches et de l'établissement de rapports;
- c) que l'intégration des stations de contrôle au système de gestion permet à un tel système intégré d'effectuer des opérations de détection automatique de violations, afin d'identifier les fréquences sur lesquelles se trouvent des émetteurs non inclus dans la base de données des licences et les émetteurs qui ne fonctionnent pas conformément aux paramètres stipulés dans leur licence;
- d) que les techniques modernes de traitement numérique du signal (DSP, *digital signal processing*) autorisent une automatisation économique des stations de contrôle, des mesures étant prises pour une station par un petit groupe de récepteurs et d'équipements de mesure électroniques associés intégrés à un ordinateur. En conséquence ces techniques réduisent le coût du système par rapport à celui d'anciens systèmes répondant aux conditions minimales des équipements de stations de contrôle stipulées dans les Recommandations de l'UIT, diminuent la taille et le poids du système et, éventuellement, simplifient sa maintenance et la formation du personnel approprié;
- e) que la tendance actuelle en matière de technologies va dans le sens de serveurs de mesures de type DSP capables de traiter une largeur de bande instantanée très importante avec une dynamique élevée, de sorte que ces systèmes sont capables de balayer le spectre très rapidement et de capter et mesurer, de manière efficace, des signaux intermittents, à large bande et agiles en fréquence;
- f) que les logiciels modernes à interface graphique d'utilisateur permettent à des systèmes puissants de contrôle et de gestion du spectre d'être faciles à utiliser et à entretenir;
- g) que de nombreuses administrations possèdent déjà des bases de données de licences informatisées, à partir desquelles il est possible de fournir des informations à des systèmes de contrôle et de gestion du spectre,

*notant*

- a) que des systèmes intégrés et automatisés sont en mesure de traiter de grandes quantités d'informations et de mesures et d'attirer l'attention des opérateurs des services de contrôle sur des données qui devraient faire l'objet d'une analyse approfondie, et ainsi d'aider les opérateurs dans leur tâche d'appui de la gestion du spectre;

- b) que l'analyse des données provenant d'un système automatisé nécessite le recours à des opérateurs formés et/ou expérimentés capables de réaliser de telles analyses;
- c) que des données de contrôle recueillies de manière automatique doivent être validées par des opérateurs avant de venir alimenter une base de données centralisée,

*recommande*

1 que les administrations qui ont l'intention de s'équiper de nouveaux systèmes de contrôle et de gestion du spectre considèrent la possibilité de s'équiper d'un système intégré et automatisé utilisant une base de données relationnelle commune dotée des fonctions suivantes:

- Accès à distance aux ressources du système.
- Détection automatique de violations.
- Assignment de fréquence et octroi de licences.
- Outils d'appui à l'analyse technique du spectre.
- Mesure automatisée des paramètres de signal.
- Mesure automatisée d'occupation associée à des mesures radiogoniométriques facultatives.
- Programmation d'opérations de mesures pour exécution immédiate ou différée.
- Interface graphique d'utilisateur moderne.

Ces fonctions sont décrites en détail à l'Annexe 1.

## ANNEXE 1

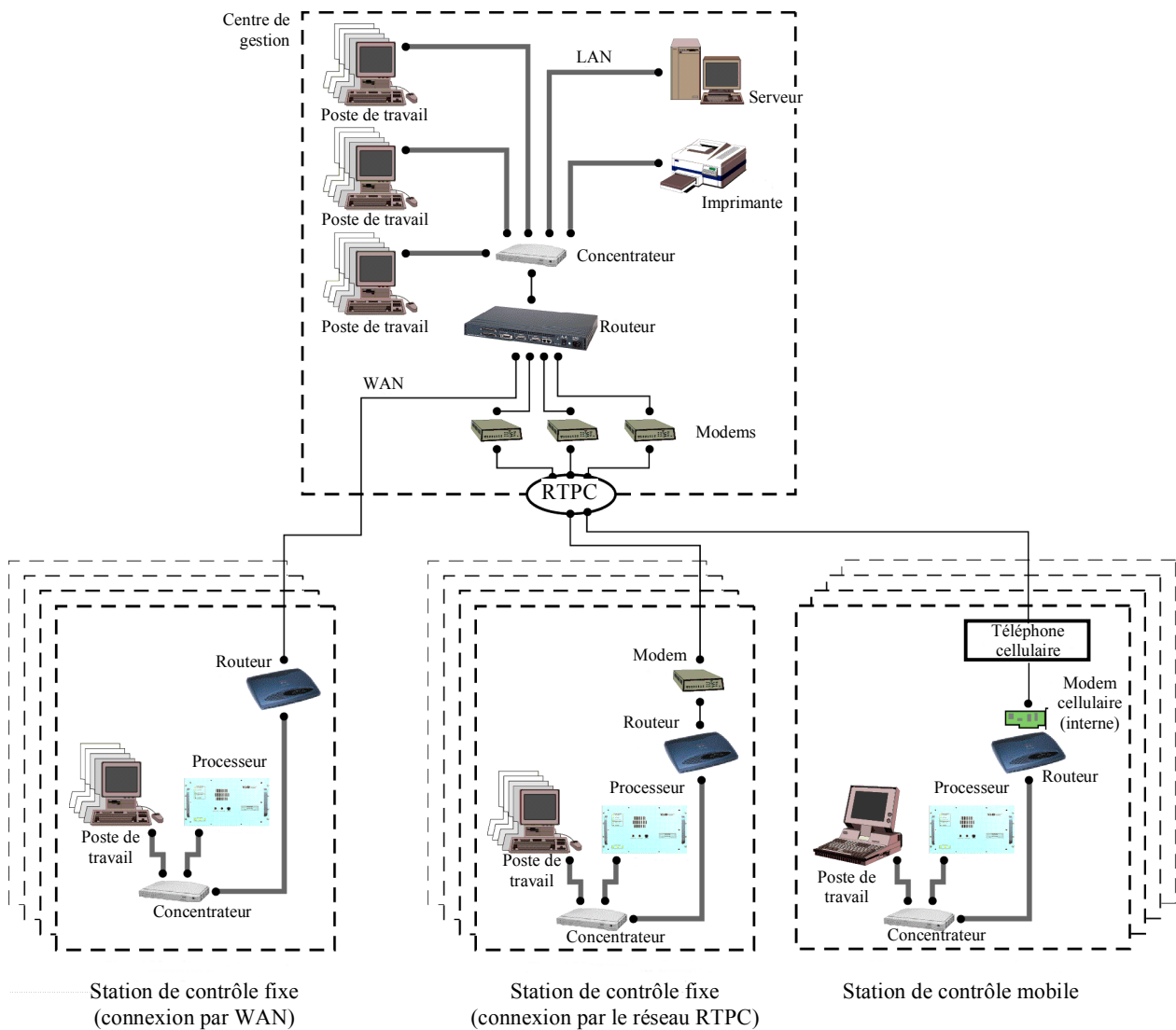
### **Automatisation et intégration de systèmes de contrôle du spectre avec gestion automatisée du spectre**

#### **1 Introduction**

L'automatisation, au moyen d'ordinateurs, d'architectures client/serveur modernes et de moyens de communication à distance, simplifie un grand nombre des tâches et des responsabilités liées à l'administration du spectre radioélectrique. Les équipements informatiques offrent la possibilité d'exécuter rapidement et avec précision des tâches répétitives, libérant ainsi le personnel de service pour des tâches plus exigeantes. Les bases de données et la modélisation informatique simplifient les fonctions de gestion du spectre et permettent de limiter les brouillages. L'association de la gestion du spectre et de son contrôle permet la mise en œuvre d'un système intégré capable d'utiliser automatiquement les données relevées par le système de contrôle et les informations de licence contenues dans la base de données de gestion pour détecter des émissions sans licence et autres violations des conditions de licence. Un système intégré typique est illustré à la Fig. 1. La configuration (nombre de postes de travail par station, nombre de stations, etc.), les méthodes de communication (protocole de commande de transmission/protocole Internet (TCP/IP, *transmission control protocol/Internet protocol*) ou autre protocole, utilisation d'un réseau téléphonique public avec commutation (RTPC), radioélectrique ou à satellites) et autres détails varieront en fonction de l'application. Une configuration système alternative inclut l'ajout d'un centre de contrôle directement relié aux stations de contrôle et, par conséquent, au centre de gestion.

FIGURE 1

Système intégré typique de contrôle et de gestion du spectre



LAN: réseau local (*local area network*)  
 WAN: réseau étendu (*wide area network*)

1537-01

La présente Annexe décrit les avantages d'un contrôle automatisé du spectre et l'intégration du contrôle du spectre à la gestion automatisée de celui-ci. Le § 2 de cette Annexe détaille les opérations d'un système automatisé de gestion du spectre national qui bénéficiera d'une intégration à des stations de contrôle du spectre. Les avantages de l'automatisation des positions de contrôle et des stations de contrôle complètes sont présentés au § 3 de la présente Annexe.

## 2 Réseaux de contrôle et de gestion informatisés

### 2.1 Introduction

Le contrôle et la gestion du spectre incluent un ensemble d'opérations administratives et techniques qui peuvent être effectuées, de manière commode, dans le cadre d'un système intégré connecté à un réseau.

*Les activités de gestion du spectre* aboutissent à terme à l'octroi de licences ou d'autorisations. Pour mener à bien ces tâches de gestion, une base de données informatisée est indispensable. Cette base de données, qui comprend des renseignements d'ordre technique et administratif tels que les fréquences assignées, les détenteurs de licences, les caractéristiques des équipements, etc., constitue le noyau central du système automatisé et informatisé de gestion du spectre.

*Le contrôle du spectre* permet de vérifier que ces fréquences sont utilisées conformément aux dispositions de l'autorisation ou de la licence et mesure l'occupation du spectre au moyen de stations de contrôle.

Une relation importante et indissoluble existe entre gestion du spectre et contrôle du spectre. En conséquence, une étroite coopération doit être maintenue entre ces deux activités, de sorte que les tâches de contrôle du spectre soient utiles à la gestion de celui-ci.

Les principaux domaines d'interaction entre gestion du spectre et contrôle du spectre sont les suivants:

- les services de gestion du spectre établissent la liste officielle des fréquences assignées pour le contrôle des émissions;
- les services de gestion du spectre fournissent des instructions globales relatives aux bandes à balayer et définissent des tâches de contrôle spécifiques;
- les services de contrôle du spectre reçoivent des demandes relatives à l'exécution de tâches spécifiques des services de gestion du spectre, par exemple des plaintes relatives à des brouillages qu'il convient de contrôler afin de résoudre le problème ou des mesures d'occupation sur des fréquences à assigner;
- les services de contrôle du spectre autorisent la mesure de paramètres techniques et sont chargés de vérifier la conformité technique des émetteurs, d'identifier des émetteurs sans licence ou non conformes et de détecter des problèmes spécifiques.

L'interaction entre systèmes de gestion du spectre et systèmes de contrôle informatisés du spectre permet d'optimiser leur exploitation aussi bien en termes d'efficacité que de coût d'exploitation du système. Le système est organisé autour d'une base de données informatisée associée à des ordinateurs personnels. La base de données est le noyau central de toutes les fonctions et applications associées: mise à jour des données, facturation, assignation des fréquences, etc., ainsi que la mise à jour de paramètres techniques relatifs aux fréquences et aux émetteurs.

### 2.2 Systèmes nationaux informatisés et intégrés

Un système complet, intégré et informatisé de contrôle et de gestion nationale du spectre s'appuie sur un ou plusieurs serveurs de données rattachés à un réseau, de sorte que les stations de travail ou les clients de l'ensemble du système puissent accéder à la base de données. Les serveurs du système de gestion comprennent un serveur principal et, accessoirement, un ou plusieurs serveurs contenant un extrait de la base de données principale et/ou une base de données réservée à une application, ou localisés dans un centre de commande local. Chaque station de contrôle, qu'elle soit fixe ou mobile, possède un serveur de mesures et un ou plusieurs postes de travail, comme indiqué au § 3. Chaque

station s'appuie sur une architecture modulaire basée sur un serveur et des postes de travail informatiques reliés entre eux par un LAN Ethernet. Toutes les stations sont reliées entre elles par un WAN. Ce réseau totalement intégré doit permettre un accès rapide à partir de tout poste d'opérateur à toute fonction de serveur disponible sur le système. Cette configuration de système est schématisée par l'organigramme de la Fig. 1.

Le serveur principal est doté d'une base de données relationnelle qui contient des données administratives et techniques relatives au réseau national ou régional, le contenu de ces données étant conforme aux recommandations du Manuel de l'UIT-R – Applications des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique et aux dispositions de la Recommandation UIT-R SM.1370. Généralement, le serveur est un système de type de langage d'interrogation structuré (SQL, *structured query language*) qui permet à tout utilisateur possédant les droits d'accès appropriés d'interroger aisément la base de données. Les bases de données modernes font l'objet de systèmes redondants avec sauvegarde périodique des données. Une base de données associée à un réseau informatique réparti permet la mise en œuvre d'une architecture client/serveur et d'un système informatique réparti présentant les caractéristiques ci-après:

- le serveur de base de données centralise la gestion des données, facilitant ainsi leur sécurité et assurant un haut niveau d'intégrité; il contient des données relatives aux applications, aux licences, aux sites, aux équipements, à la facturation, à l'assignation des fréquences, etc.; des parties de cette base de données peuvent être dupliquées sur des serveurs locaux ou mobiles pour des applications spécifiques;
- postes de travail de gestion, de supervision et de saisie des données: ordinateurs personnels qui permettent d'alimenter la base de données avec des paramètres administratifs et techniques et qui sont utilisés par le personnel de contrôle et de gestion pour la gestion des fréquences, le contrôle technique, etc.

Le logiciel de base de données doit autoriser le transfert de données électroniques à partir d'une base de données existante, le cas échéant, soit directement, soit par le biais d'un programme de conversion de données spécialement prévu à cet effet.

### 2.2.1 Automatisation du système national de gestion du spectre

Le système national de gestion du spectre doit se composer de logiciels et de matériels qui permettent une gestion efficace du spectre radioélectrique national. Ce système doit être capable d'exécuter les fonctions décrites dans le Manuel de l'UIT-R sur la Gestion nationale du spectre, qui se prêtent à une automatisation, notamment:

- *Assignation de fréquence et octroi de licences d'exploitation.* Cette fonction est mise en œuvre sur un système de gestion de base de données relationnelle qui garantit l'intégrité et la cohérence des données administratives et protège l'accès à la base de données par des moyens de sécurité. Ce système est muni d'écrans graphiques qui permettent à l'utilisateur de remplir toutes les tâches administratives énumérées dans le sous-paragraphe ci-après.
- *Support de l'ingénierie du spectre.* Cette fonction fournit des outils d'analyse technique pour l'assignation de fréquence aux utilisateurs avec un brouillage minimal. Elle fournit également la capacité de calculer des brouillages entre un émetteur et un récepteur brouillé dans diverses conditions.
- *Contrôle du spectre (inspection et surveillance de mise en application).* Cette fonction fournit l'interface avec les stations de contrôle du spectre, permettant de planifier des tâches et d'établir des rapports à distance à partir de ces stations, y compris le recueil à distance de données de contrôle afin de favoriser le règlement de plaintes de brouillage.

Le système de gestion du spectre doit contenir des informations d'appui à ces fonctions; ces informations comprennent les plans d'attribution des fréquences nationaux et de l'UIT, ainsi que des données géographiques et topographiques nationales sous la forme de cartes.

### 2.2.2 Caractéristiques fonctionnelles de l'assignation de fréquence et de l'octroi de licences d'exploitation

L'exploitation d'un système de gestion du spectre doit être organisée autour des étapes concernant l'administration manuelle de licences. Il doit fournir les fonctions administratives suivantes:

- *Traitement des demandes.* Cette fonction a pour objet de réaliser la saisie des données d'une demande de licence radioélectrique. Il peut s'agir d'une demande de nouvelle licence, de modification d'une licence existante ou de modification d'une demande en instance.
- *Assignation de fréquence.* Cette fonction effectue le traitement et les analyses nécessaires pour l'approbation d'une demande de fréquence. Elle peut également servir à étudier la disponibilité des voies libres dans le spectre.
- *Traitement des licences.* Cette fonction effectue le renouvellement d'une licence existante pour laquelle toutes les conditions de renouvellement ont été satisfaites, calcule la majoration de la redevance afférente à une licence existante et interroge la base de données pour rechercher une licence ou un groupe de licences.
- *Traitement des redevances.* Cette fonction assure la gestion des opérations financières, par exemple l'établissement de factures, l'enregistrement de paiements de redevances et l'établissement de relevés financiers en format statistique ou individuel. Elle doit aussi permettre de fixer et de modifier les montants des redevances.
- *Traitement des rapports.* Cette fonction gère les interrogations de la base de données et la production des notes standard, de factures, de lettres et de rapports sous forme graphique ou textuelle, à la fois de données de gestion et de contrôle. Elle assure également la production de rapports demandés par l'UIT et de rapports personnalisés selon les spécifications de l'opérateur. Des rapports graphiques sont souvent la méthode préférée pour l'examen des données car ils présentent les données sous une forme visuelle qui synthétise les informations et facilite l'identification de tendances et d'exceptions. Le recours à la couleur permet de véhiculer encore plus de renseignements par le biais d'un simple graphique. Un système moderne devrait offrir les mêmes capacités automatisées d'établissement de rapports à partir de tous les postes de travail du système de contrôle et de gestion. La capacité de créer un rapport à distance s'appuyant sur des données localisées sur un site différent fait également partie des fonctions typiques d'un logiciel gérant ce type de système.
- *Traitement des réclamations de brouillage.* Cette fonction assure le traitement des plaintes relatives à des brouillages.
- *Traitement des tableaux de référence.* Cette fonction gère l'analyse, la mise à jour et l'impression de tous les tableaux de référence utilisés par le système. L'autorité sur ces tableaux peut être limitée au Directeur des services de gestion du spectre et à l'administrateur système, ces personnes étant les seules habilitées à consulter ou modifier un tableau du système.
- *Gestion de la sécurité.* Cette fonction doit restreindre l'accès à certains enregistrements de données ou à certains types de transactions, en limitant cet accès aux opérateurs qui possèdent le niveau adéquat d'accès de sécurité.
- *Traitement des transactions.* Cette fonction crée un enregistrement dans la base de données en consignnant la date, l'heure et l'identité de l'opérateur qui effectue chaque transaction, par exemple l'approbation administrative d'une licence.

### 2.2.3 Fonctions d'analyse technique

Le système de gestion doit être doté d'un jeu d'outils d'analyse technique. Ces outils sont des logiciels qui aident à l'assignation des fréquences conformément aux Recommandations de l'UIT, aux plans de fréquences nationaux et aux politiques locales mises en place par le service de la gestion du spectre. Ces outils d'analyse doivent comprendre des outils d'analyse du service de radiodiffusion, des ondes décamétriques, des ondes métriques/décimétriques, des ondes centimétriques/à hyperfréquence, de l'intermodulation et de la compatibilité électromagnétique. Ils effectuent des analyses en utilisant des informations relatives à la puissance de l'émetteur, aux diagrammes de rayonnement des antennes, à la propagation et à d'autres paramètres qui peuvent être extraits de la base de données ou entrés dans le système.

### 2.2.4 Fonctions de contrôle

Dans un système intégré, le système de gestion doit assurer l'interface avec les stations de contrôle au moyen d'un WAN afin de permettre la planification de tâches et de rapports en mode local à partir des stations de contrôle. Les tâches effectuées au niveau des stations de contrôle comprennent la prise systématique de mesures conformément aux dispositions des Recommandations UIT-R, telles que des mesures d'occupation du spectre, de paramètres de signaux, ainsi que des mesures radiogoniométriques sur une fréquence donnée faisant suite par exemple, au dépôt d'une plainte. Les serveurs de mesures (décrits au § 3.3) situés sur les stations recevant la tâche exécutent automatiquement les mesures demandées. Le système peut aussi effectuer des opérations automatiques de détection de violation (décrites dans le § 2.2.6) pour identifier les fréquences sur lesquelles on trouve des émetteurs qui ne sont pas répertoriés dans la base de données de licences, les émetteurs qui ne respectent pas les paramètres de fonctionnement définis dans leur licence ou pour déterminer si des signaux mesurés sont conformes aux licences appropriées. Ces informations sont mises à la disposition du personnel de surveillance sous la forme de rapports graphiques ou alphanumériques. Les rapports de contrôle peuvent comprendre des résultats de mesure et des cartes géographiques d'une zone de couverture ou d'une région sur lesquelles sont mentionnés:

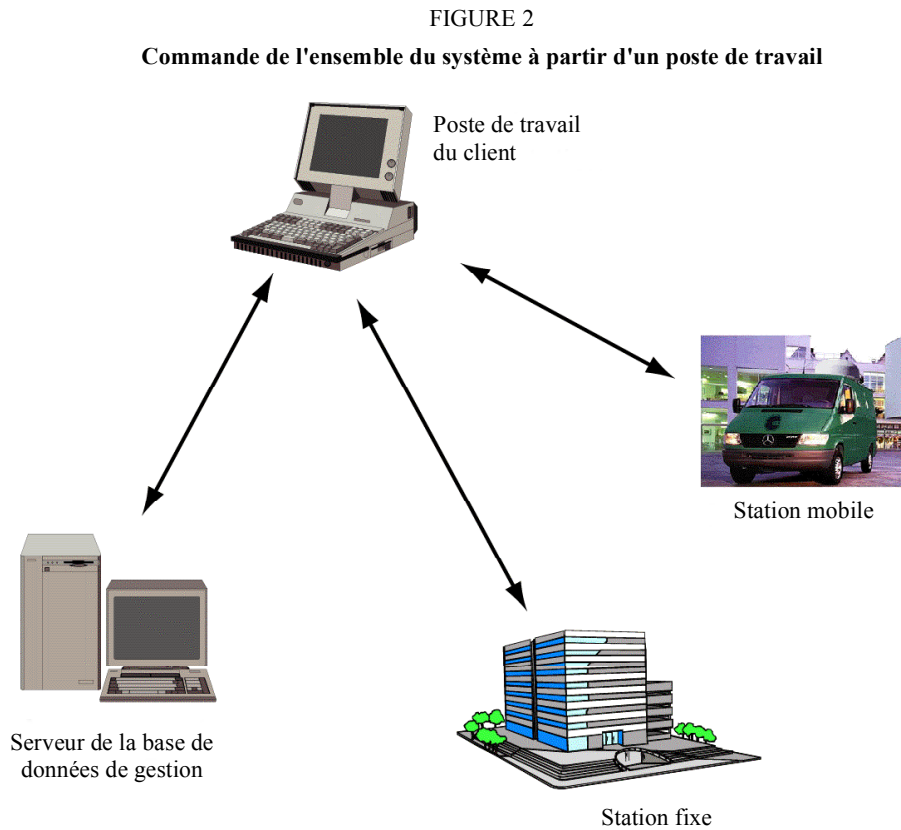
- les emplacements des stations de contrôle;
- les emplacements des émetteurs connus;
- les résultats des relevements radiogoniométriques des stations pour les emplacements des émetteurs.

Les stations de contrôle peuvent être fixes ou mobiles et il est utile de disposer d'un certain nombre de stations de chacun de ces types dans un système national informatisé. Les stations fixes sont appropriées pour le contrôle des ondes décamétriques pour lesquelles la propagation est généralement à grande distance via des ondes ionosphériques. Les stations fixes à proximité de zones urbaines sont également utiles pour le contrôle des ondes métriques/décimétriques dans ces zones urbaines. Les stations mobiles et transportables sont appropriées pour le contrôle des ondes métriques/décimétriques/centimétriques (ainsi que les ondes de sol décamétriques), puisque, avec des propagations à plus courte distance dans ces cas, le système de mesure doit généralement être déplacé vers la zone considérée. Elles sont également nécessaires dans les nombreux cas où des stations ou des sources de brouillage illicites doivent être localisées avec précision.

### 2.2.5 Accès à distance aux ressources du système

Des systèmes intégrés, multitâches, reliés en réseau et dotés d'une architecture client/serveur permettent généralement à un opérateur situé sur une station client d'accéder aux ressources d'un serveur de mesures quelconque ou de la totalité des serveurs, aussi bien des serveurs implantés sur

la station client considérée que des serveurs implantés sur d'autres stations, comme l'illustre la Fig. 2. Ainsi, toutes les ressources d'un réseau multistation sont disponibles à tout opérateur à condition qu'il dispose des autorisations appropriées pour accéder à l'ensemble de ces ressources.



Les stations de contrôle peuvent être surveillées à distance à partir d'un poste de travail situé dans un centre de contrôle du spectre, au centre de gestion du spectre, dans un centre de commande local, ou localement, dans la station elle-même, et les résultats des opérations de contrôle peuvent être renvoyés vers ce poste de travail. Cette méthode de contrôle à distance permet à des opérateurs de contrôle du spectre qui souhaitent travailler à partir d'un site centralisé de ne pas avoir à se déplacer vers des sites de contrôle distants, sous réserve que la situation n'exige pas la présence d'un opérateur de contrôle expérimenté sur le site. Les opérateurs doivent néanmoins toujours analyser les données de mesure et les valider avant qu'elles ne viennent alimenter une base de données centrale.

Des liaisons de communication ne sont nécessaires entre stations que lorsqu'un client envoie des tâches vers des serveurs distants et, ultérieurement, lorsque le client demande les résultats de ces tâches; si des liaisons de communication sont disponibles au moment de l'émission de la tâche et qu'elles deviennent indisponibles ensuite, les résultats des mesures ne sont pas perdus mais sont conservés sur le serveur de mesures jusqu'à ce qu'ils soient demandés.

### 2.2.6 Détection automatique de violations

Il est nécessaire d'effectuer des balayages du spectre pour détecter des brouillages, pour rechercher des signaux qui s'écartent des paramètres stipulés dans les accords de licence et pour rechercher des signaux sans licence. Un système intégré de contrôle et de gestion du spectre doit comprendre une fonction de détection automatique de violation pour effectuer cette tâche en permettant à l'opérateur



de définir une plage à contrôler en spécifiant la fréquence de départ et la fréquence d'arrêt de la gamme (ou des gammes) à explorer ainsi que les paramètres de recherche y compris l'intervalle temporel pendant lequel la recherche doit être effectuée. Une fenêtre de définition de tâches typique pour la détection automatique de violations est illustrée à la Fig. 3. L'utilisateur devrait être en mesure d'identifier tous les éléments suivants à des fins d'alarme:

- Paramètres de signaux importants ou paramètres mesurés par le système.
- Signaux qui s'écartent des paramètres stipulés dans les accords de licence.
- Signaux sans licence.

FIGURE 3  
Fenêtre de commande de la détection automatique de violations

**Automatic Violation Detection**

Noise Riding: 20 dB  
Duration: 2 mins  
Storage Interval: 15 secs  
Fixed Rate:   
Station Name: 004

Schedule  
 Immediate  
 Delayed  
Date:   
Time:

License Information  
Last Time Imported: 17:21 04/28/2000  
Import...  
Show Map...

BAND LIST  All Single Channels

List	Start Freq (MHz)	Stop Freq (MHz)	Bandwidth	Identity
1	88.100000	107.500000	200 kHz	A1
2	...			
3	...			
4	...			
5	...			
6	...			
7	...			
8	...			

Current Tasks  
327  
328  
New  
Run

1537-03

Le système effectue un balayage sur la gamme de fréquences spécifiée et pendant l'intervalle de temps spécifié. Il utilise les mesures obtenues par le balayage ainsi que les informations contenues dans la base de données de licences pour déterminer les signaux du spectre mesuré qui ne se trouvent pas dans la base de données de licences. Il fournit automatiquement une liste des fréquences utilisées qui ne se trouvent pas dans la base de données. Le système vérifie également les paramètres des signaux, tels que la largeur de bande, les signaux en surmodulation et les signaux ne se trouvant pas dans la fréquence centrale stipulée dans le contrat de licence, et émet des alarmes chaque fois que des violations sont détectées. Ces alarmes signalent, en conséquence, à l'opérateur la présence de signaux inattendus ou non conformes par rapport aux paramètres de recherche définis par l'opérateur. Elles constituent le point de départ d'un examen plus minutieux de la part de l'opérateur. Les résultats des opérations de détection automatique de violations, y compris les informations relatives à des émetteurs sans licence ou non conformes en termes de fréquence ou de canal, sont affichés sur un écran de résultats comme celui illustré à la Fig. 4.

FIGURE 4

## Résultats d'une opération de détection automatique de violations

**Automatic Violation Detection Results**

AVD Tasks Station Name: 004

Task	START		STOP		Status
	Date	Time	Date	Time	
327	05/15/00	14:28	05/15/00	14:30	Completed
328	05/15/00	14:28	05/15/00	14:30	Completed

AVD Results Task: 328 004

	Ctr Freq	Chan	Result	Freq	Dev Hz	%Occp	BW kHz
9	91.1	130	Not Found	0.000	0	0	0.0
10	91.5	140	Not Found	0.000	0	0	0.0
11	92.3	160	Compliant	92.300	130	100	138.3
12	93.3	130	Compliant	93.299	249	100	108.3
13	94.1	140	Compliant	94.099	25	100	79.9
14	94.5	150	Non Compliant (Freq)	95.500	511	100	132.8
15	94.9	160	Non Compliant (Freq)	95.899	936	100	134.2
16	95.3	170	Non Compliant (Freq)	95.299	438	100	118.0
17	95.7	190	Not Found	0.000	0	0	0.0
18	96.1	200	Not Found	0.000	0	0	0.0
19	96.5		Unlicensed (High Usage)	96.499	642	100	130.9
20	97.3	230	Not Found	0.000	0	0	0.0
21	97.7	240	Compliant	98.699	84	100	114.4

Tolerances: Freq: 350 Hz BW: 200 kHz %Occp: 0 Band#: 1

Reports: Save Preview Print

1537-04

Pour faciliter le processus de détection automatique de violations et garantir qu'il est opérationnel même en cas de non-disponibilité de liaisons de communication entre stations, chaque station, qu'elle soit fixe ou mobile, doit entretenir sa propre base de données de stations détenant une licence dans sa zone d'exploitation. Cette base de données est extraite de la base de données du système de gestion. Grâce à la disponibilité de cette base de données locale, chaque station fixe ou mobile peut continuer à fonctionner et à effectuer des opérations de détection automatique de violations même lorsque aucune liaison de communication n'est disponible.

### 3 Automatisation des opérations de contrôle

Toutes les mesures de contrôle de routine sont des tâches répétitives qui se prêtent aisément à une automatisation:

- Mesures d'occupation: l'exploration avec résolution fine des bandes de fréquences avec visualisation générée par ordinateur et la mémorisation du degré d'occupation des canaux sur plusieurs jours sont des opérations qui conviennent bien à une automatisation.
- Mesures de fréquences: ces mesures peuvent être exécutées automatiquement lorsque le rapport signal/bruit ( $S/N$ ) est suffisant et pour les émissions avec fréquence porteuse. Dans les bandes d'ondes décimétriques, les canaux sont généralement très voisins les uns des autres, et il faut prévoir une grande sélectivité en fréquence lorsque plusieurs fréquences sont présentes dans le même canal.

- Mesures de niveau et, le cas échéant, mesures de champ.
- Mesures des largeurs de bande.
- Mesures des paramètres de modulation: les progrès réalisés dans le domaine des équipements et des algorithmes de traitement des signaux numériques ont conduit à l'élaboration de systèmes de reconnaissance de la modulation capables d'identifier divers types de modulation en temps réel. Ces systèmes peuvent être mis en œuvre sur des instruments de mesure autonomes, des cartes d'extension pour ordinateur avec logiciels associés ou peuvent être intégrés à d'autres instruments (par exemple des récepteurs ou des analyseurs). Ces systèmes peuvent être utilisés pour reconnaître divers formats de modulation (à la fois numériques et analogiques), pour mesurer des paramètres techniques communs et démoduler ou décoder les signaux.
- Analyse des signaux. Tous les aspects de l'analyse des signaux ne peuvent toutefois pas être traités entièrement automatiquement.
- Radiogoniométrie.
- Identification des stations, par localisation ou analyse automatique des signaux (reconnaissance de code, nombre d'éléments, débit de transmission).

Toutes ces mesures peuvent généralement être effectuées automatiquement mais certaines mesures, comme la largeur de bande et la modulation, nécessitent des signaux présentant un rapport  $S/N$  satisfaisant pour obtenir des résultats d'une précision suffisante. Ces travaux donnent des résultats de mesures techniques que l'on peut comparer aux paramètres techniques contenus dans les bases de données de gestion du spectre ou aux données requises à cet effet. Les paramètres techniques contenus dans une telle base de données pour un émetteur sont les suivants:

- la fréquence assignée;
- le champ calculé;
- la classe d'émission;
- la largeur de bande assignée;
- la largeur de bande de l'émission;
- l'indicatif d'appel.

Chaque station de contrôle dispose, en règle générale, d'une liste d'émetteurs, et les opérateurs comparent les caractéristiques des émetteurs indiquées dans cette liste avec les résultats de mesure fournis par les appareils automatiques. Les systèmes automatisés intégrés peuvent effectuer ces comparaisons, en plus de la collecte des données, c'est-à-dire effectuer les opérations de détection automatique de violations décrites dans le § 2.2.6. Dans un cas comme dans l'autre, la comparaison doit être effectuée en appliquant des tolérances aux paramètres mesurés conformes aux niveaux de précision des mesures recommandés par l'UIT afin de réduire le taux des fausses alarmes. L'objectif est de confirmer le respect des procédures établies et la conformité aux données techniques figurant dans le fichier de base de données de la station. Lorsqu'on découvre des écarts ou des anomalies, ils sont dus en général à:

- des émetteurs ou des fréquences illégaux ou sans licence;
- des périodes ou des lieux d'exploitation non autorisés;
- des classes d'émission illicites ou une modulation de mauvaise qualité;
- un décalage de fréquence excessif;
- l'absence d'indicatif d'appel ou un indicatif d'appel incomplet;
- des largeurs de bande excessives;
- une puissance excessive (champ excessif).

### 3.1 Niveaux d'automatisation

L'automatisation peut être introduite à de nombreux niveaux dans les opérations de contrôle des émissions. Un seul poste de travail peut effectuer une analyse automatisée de l'occupation du spectre en utilisant des paramètres préprogrammés. Plusieurs postes de travail d'un site peuvent être reliés entre eux pour former un ensemble d'équipements de mesure unique, afin de partager ces ressources de mesure. Il est possible d'automatiser une station entière ou un réseau de stations, en raison par exemple de leur éloignement, et les résultats de leurs opérations de contrôle peuvent être retransmis à une station occupant une position plus centrale. Certaines positions de travail, dans plusieurs sites, peuvent être reliées entre elles de telle manière que l'une d'elles synchronise automatiquement des positions se trouvant sur d'autres sites, afin d'effectuer plusieurs mesures simultanées sur les signaux considérés. L'automatisation peut contribuer à accélérer la localisation et l'identification d'un signal, à réduire l'effectif du personnel nécessaire à l'exploitation des stations et à rendre ce personnel disponible pour d'autres tâches, telles que l'analyse des données, ainsi qu'à accroître la largeur de spectre radioélectrique qu'un service est à même de contrôler efficacement. D'un autre côté, l'absence d'un opérateur ou d'un technicien sur un site éloigné peut avoir pour conséquence une augmentation de la durée d'immobilisation des équipements en cas de panne de ceux-ci. Par ailleurs, un équipement automatisé n'a pas toujours la sensibilité nécessaire pour capter des signaux dont la réception est difficile, alors qu'un opérateur pourra capter ces signaux par un réglage manuel. Ce problème se pose souvent en ondes décimétriques. En tout état de cause, lorsqu'on automatise une position de travail, il faudra prévoir l'éventualité de son retour à une exploitation manuelle, soit localement soit à distance.

### 3.2 Automatisation des positions de travail

Lorsqu'on automatise une position de contrôle, on utilise un ordinateur équipé d'un système d'exploitation multitâche pour commander des équipements de mesure tels qu'antennes, équipements de distribution en radiofréquence et récepteurs. En général, l'ordinateur devra être distinct s'il s'agit d'automatiser un équipement ancien et, dans certains cas, il peut être nécessaire de remplacer cet équipement. Donnons un exemple d'automatisation: un récepteur piloté par ordinateur peut être programmé pour contrôler des fréquences fixes ou explorer des bandes définies. Il peut être programmé pour rechercher certaines caractéristiques d'un groupe d'émetteurs connus titulaires de licences et pour enregistrer tous les signaux qui concordent avec ces paramètres programmés. L'ordinateur peut être programmé pour informer un opérateur lorsqu'il trouve une telle concordance, ou, au contraire, lorsqu'il trouve un signal qui ne concorde pas. Cette dernière approche représente une procédure automatique utile pour reconnaître des émetteurs fonctionnant sans licence ou dans l'illégalité et est un exemple de détection automatique de violation. Cette tâche est accomplie de la même manière que les opérations de contrôle normales, mais sur des fréquences ne figurant pas dans les listes du système. Si l'opérateur veut séparer cette recherche du contrôle systématique des stations connues, il déclenche une séquence de contrôle (dans une bande de fréquences ou sur une liste de fréquences discrètes), en donnant des instructions pour enregistrer les résultats de mesure concernant des signaux qui ne correspondent pas à un émetteur connu.

Une position de travail ou un groupe de positions aménagées de cette manière permet à l'opérateur de concentrer son attention sur des tâches plus prioritaires, par exemple aider une station mobile dans des opérations de radiogoniométrie. Il est possible aussi de configurer les positions pour permettre une exploitation manuelle et plusieurs positions peuvent être reliées à un site de mesure unique. Les positions peuvent aussi être agencées pour produire des rapports techniques avec notation des caractéristiques des signaux détectés et avec indication des emplacements et des utilisateurs possibles. Si la station dispose d'un LAN, l'équipement automatisé peut transmettre un rapport technique à l'ordinateur d'un opérateur, qui pourra alors insérer dans le

rapport des renseignements supplémentaires pour identifier l'utilisateur. Dans les cas où une action de suivi est requise, les systèmes automatisés peuvent marquer des fichiers de base de données pour l'exécution de tâches récurrentes, ce qui permet au service de déterminer si le brouillage a été éliminé.

### 3.3 Automatisation des stations

Les techniques modernes de DSP autorisent l'automatisation économique de stations complètes. Une station automatisée comprend:

- un serveur de mesures, composé d'un petit groupe de modules d'équipements de mesure évolués comprenant des récepteurs numériques commandés par un ordinateur dont les logiciels peuvent être aisément mis à niveau pour prendre en charge de nouvelles technologies et de nouveaux services; et
- de postes de travail pour opérateurs, ou clients, qui sont utilisés comme interface avec l'opérateur et qui sont dotés de logiciels qui simplifient l'utilisation et la maintenance du système.

La station peut être commandée localement ou à distance à partir d'un emplacement plus pratique. Les liaisons entre les stations de mesure et les stations de commande peuvent être des liaisons radioélectriques ou des liaisons terrestres. La station devient, en substance, un nœud d'un WAN administré par la station de commande.

Une station entièrement automatisée présente typiquement l'architecture illustrée à la Fig. 5. Cette station comprend des antennes, un serveur de mesures qui est une unité de bus modulaire à haut débit équipée de processeurs, de récepteurs et d'autres éléments électroniques miniaturisés, un ou plusieurs postes de travail clients peu coûteux disponibles dans le commerce et divers équipements périphériques tels qu'imprimantes, téléphones et modems. Une architecture de station similaire possible pourrait être composée d'unités distinctes mais hautement intégrées comprenant des récepteurs numériques, des radiogoniomètres et des processeurs. Dans ce cas, la partie de la Fig. 5 contenant le bus de données haut débit à architecture ouverte avec divers modules serait remplacée par des unités distinctes comprenant un récepteur numérique, un radiogoniomètre numérique et un processeur.

Les fonctions d'une station de contrôle automatisée comprennent les fonctions suivantes:

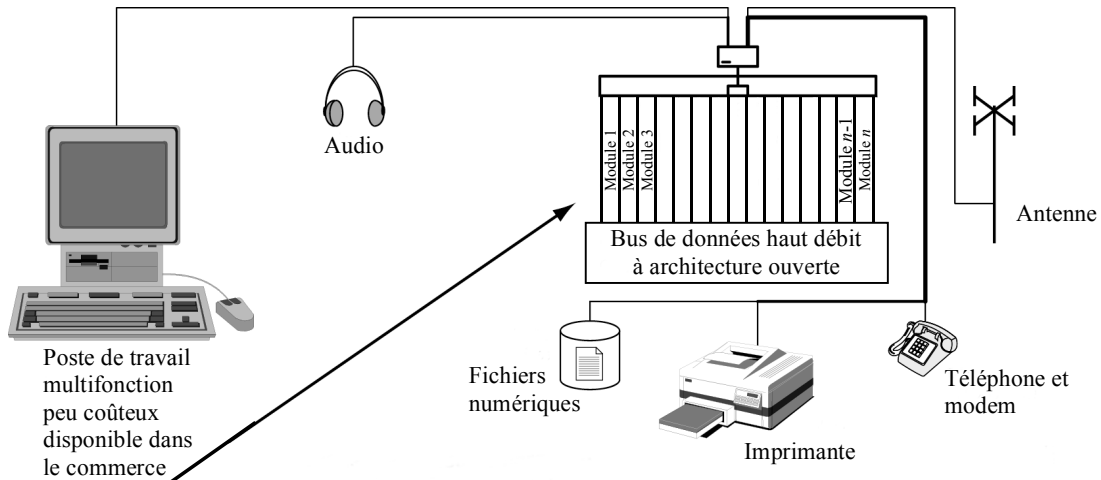
- contrôle, démodulation et décodage;
- enregistrement audio;
- mesures et analyses techniques, y compris fréquence et décalage de fréquence, intensité de champ/niveau, paramètres de modulation y compris taux de modulation d'amplitude et écart de fréquence modulée, largeur de bande et analyse spectrale;
- occupation du spectre;
- radiogoniométrie;
- comparaison en temps réel avec les paramètres stipulés dans les licences;
- génération automatique d'alertes pour des émissions anormales ou inconnues.

Les stations de surveillance automatisées présentent typiquement trois modes de fonctionnement qui sont utilisés pour remplir ces tâches:

- mode interactif;
- mode automatique ou programmé;
- mode en arrière-plan.

FIGURE 5

## Station intégrée moderne typique de contrôle du spectre radioélectrique



Fonctions mises en œuvre par des modules matériels et logiciels:

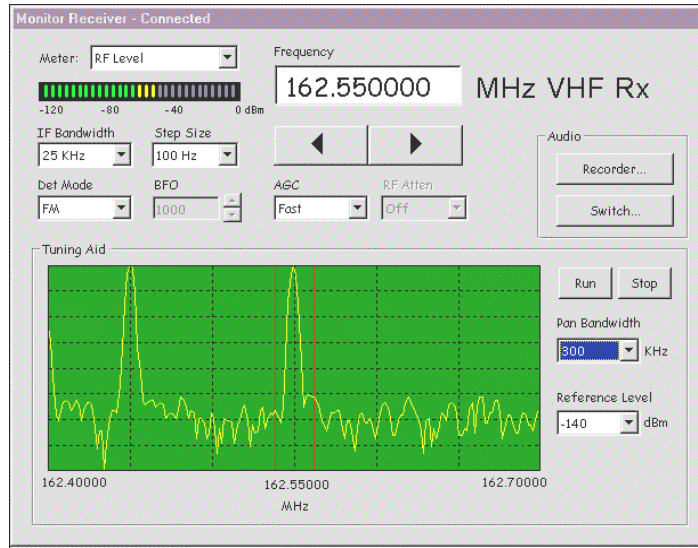
- Traitement radiogoniométrique
- Conversion rapide analogique/numérique
- Traitement numérique du signal et démodulation
- Récepteur 1
- Récepteur 2
- Récepteur  $n$
- Audionumérique
- Carte multimédia
- Récepteur du système mondial de radiorepérage GPS
- Interface avec le poste de travail
- Ecrans de spectre
- Ecrans de type oscilloscope
- Ecrans d'activité spectrale
- Matrice audio
- Matrice radiofréquence
- Interface de communication
- Base de données d'émission
- Connecteurs d'extension

1537-05

Le mode interactif permet une interaction directe avec diverses fonctions qui fournissent instantanément des informations en retour comme le réglage du récepteur de contrôle, la sélection de la démodulation et la sélection du mode d'affichage panoramique. Ces fonctions sont commandées à partir de panneaux de commande virtuels sur le poste de travail client par le biais d'écrans semblables à celui illustré à la Fig. 6. Des vues spectrales et panoramiques synthétiques sont créées sur le poste de travail de l'opérateur. Elles comprennent des vues à affichage ligne par ligne (vues en trois dimensions de l'amplitude du signal en fonction de la fréquence et du temps) et des spectrogrammes (vues en deux dimensions de la fréquence du signal en fonction du temps, l'amplitude du signal étant indiquée par des couleurs).

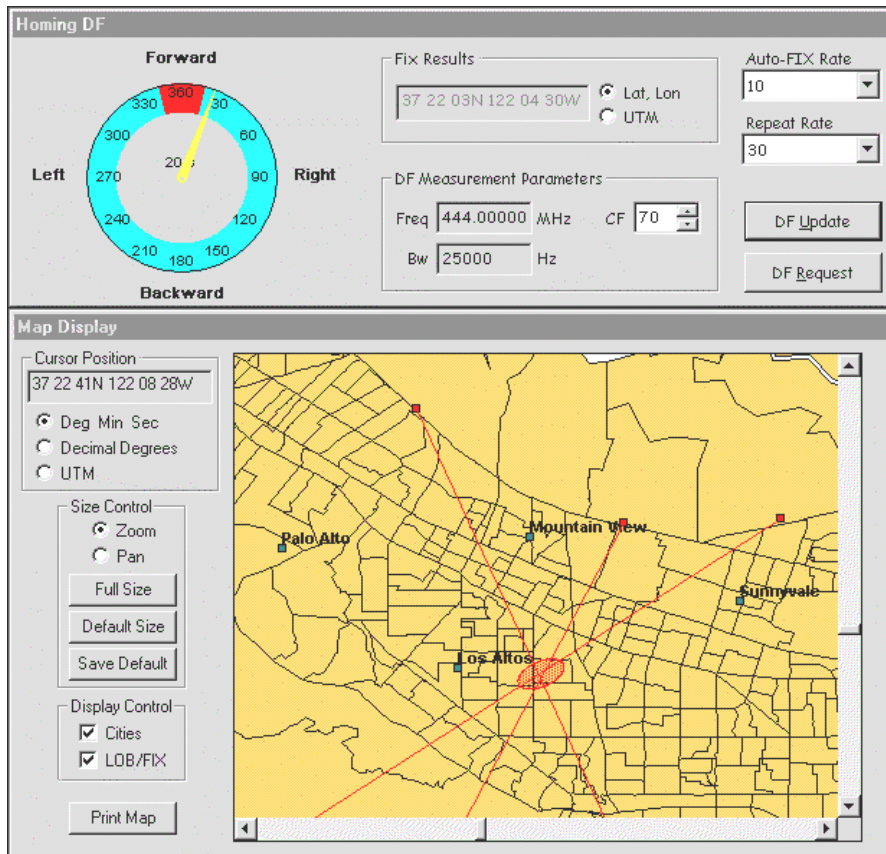
Le radioralliement est un exemple intéressant d'opération interactive. L'opération de radiogoniométrie peut être commandée à partir d'une unité mobile pendant que cette unité est en mouvement. Les résultats de l'opération sont présentés en fonction de l'avant du véhicule, comme l'illustre la Fig. 7. Ils permettent ainsi au conducteur de choisir sa direction pour s'approcher de l'émetteur recherché. Les résultats radiogoniométriques déterminés à partir de différents emplacements sont également affichés sur une carte géographique, ce qui permet de localiser l'émetteur du signal au moyen d'une triangulation automatique. La position exacte de l'unité mobile est mise à jour en permanence au moyen d'un récepteur GPS haute précision et l'orientation du véhicule par rapport au nord est mesurée au moyen d'une boussole électronique.

FIGURE 6  
 Panneau de commande virtuel d'un récepteur de contrôle



1537-06

FIGURE 7  
 Ecran de radioralliement avec carte géographique

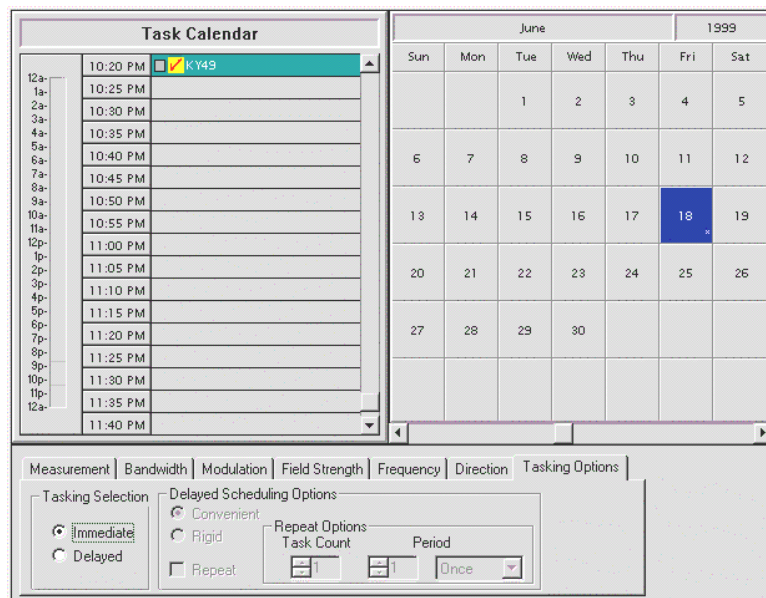


1537-07

Le mode automatique ou programmé permet de programmer des tâches à exécuter immédiatement ou à des heures définies dans le futur. Les fonctions exécutées en mode programmé comprennent les analyses et les mesures techniques ainsi que les opérations de radiogoniométrie. Des paramètres de mesure, tels que les méthodes de calcul de moyennes et de mesures, et l'heure de mesure (ou les heures dans le cas de mesures devant être répétées) peuvent être définis. Des valeurs par défaut fournies par le système peuvent également être utilisées. L'opérateur peut utiliser un écran comportant un calendrier, tel que celui illustré à la Fig. 8, pour programmer ces fonctions. Le client demande des intervalles de temps pour les mesures souhaitées au serveur de mesures. L'approche par attribution d'intervalles de temps permet à plusieurs clients de se connecter à un même serveur. Pour traiter des tentatives de programmation de mesures multiples dans le même intervalle de temps, le serveur doit disposer d'un mode de programmation «commode». Lorsque l'intervalle de temps demandé est déjà réservé, la demande du client est décalée vers le premier intervalle de temps disponible. Le serveur peut rechercher cet intervalle de temps disponible dans une fenêtre temporelle définie qui est généralement de  $\pm 5$  min. Le serveur de mesures effectue les mesures demandées en utilisant les algorithmes de priorité et de programmation appropriés afin de résoudre tout conflit de programmation et conserve les résultats des mesures jusqu'à ce que le client les lui demande.

FIGURE 8

## Écran de planification de tâches en mode automatique ou programmé



1537-08

Le mode en arrière-plan est utilisé pour effectuer des opérations d'occupation du spectre et de détection automatique de violations, c'est-à-dire des tâches pour lesquelles il est souhaitable de recueillir des données sur des périodes prolongées. Une analyse de la bande passante en termes d'occupation, ou des mesures radiogoniométriques combinées à l'occupation (appelée «exploration radiogoniométrique»), peuvent être définies et le système peut être programmé pour effectuer un balayage automatique sur des fréquences ou des gammes de fréquences particulières et, en cas de détection d'un signal, il peut déclencher des opérations définies par l'opérateur, par exemple une mesure radiogoniométrique ou technique. Le mode en arrière-plan fonctionne à un niveau de priorité plus bas que le mode programmé et, par conséquent, des mesures programmées spécifiques interrompent le mode en arrière-plan pour utiliser le serveur de mesures. Une fois les mesures programmées effectuées, le système revient à toute mesure en mode d'arrière-plan qui était en cours antérieurement.



Lorsque le client demande les résultats de mesures, celles-ci peuvent être affichées dans des formats appropriés. La majorité des informations sont affichées de manière graphique, sous la forme d'histogrammes d'occupation, de tracés d'intensité de champ en fonction de la fréquence (voir la Fig. 9), de cartes géographiques affichant des résultats de lieu (voir la Fig. 7) et d'autres vues graphiques. Ces systèmes sont en mesure d'effectuer simultanément des opérations de radiogoniométrie sur de nombreuses fréquences et de fournir des tracés d'azimut en fonction de la fréquence (voir la Fig. 10) qui sont utiles pour intercepter et traiter des modulations numériques modernes. Des résultats de mesures de radiogoniométrie affichés sous une telle forme pour le même azimut et de nombreuses fréquences différentes sont un signe manifeste de la présence d'un signal à sauts de fréquence.

Des systèmes client/serveur évolués peuvent être conçus pour une utilisation facilitée par rapport aux systèmes comportant des unités distinctes ou séparées telles que récepteurs ou analyseurs de spectre. Ces systèmes, s'ils sont dotés d'icônes de tâches et de barres d'outils visibles à l'écran auxquelles l'opérateur peut accéder au moyen de la souris de son ordinateur, peuvent être très intuitifs et d'un apprentissage aisé. Pour les administrations qui ont des difficultés à trouver des opérateurs qualifiés, la simplicité de fonctionnement d'un système de contrôle est un critère important.

Des serveurs de mesures modernes s'appuyant sur la technologie du traitement du signal numérique sont en mesure de traiter une largeur de bande instantanée très importante, de l'ordre de plusieurs MHz, avec une dynamique élevée, de sorte que des signaux puissants dans cette bande de fréquences n'empêcheront pas des signaux très faibles dans la même bande d'être captés et traités. Des systèmes à largeur de bande instantanée très importante sont capables de balayer le spectre à très grande vitesse et de capter et mesurer des signaux intermittents, à large bande et agiles en fréquence. Les opérateurs peuvent consulter un écran large à vue panoramique, écran qui améliore leur capacité à repérer des brouilleurs et à identifier les types de signaux et de brouillages contrôlés.

FIGURE 9

## Affichage de l'intensité de champ en fonction de la fréquence

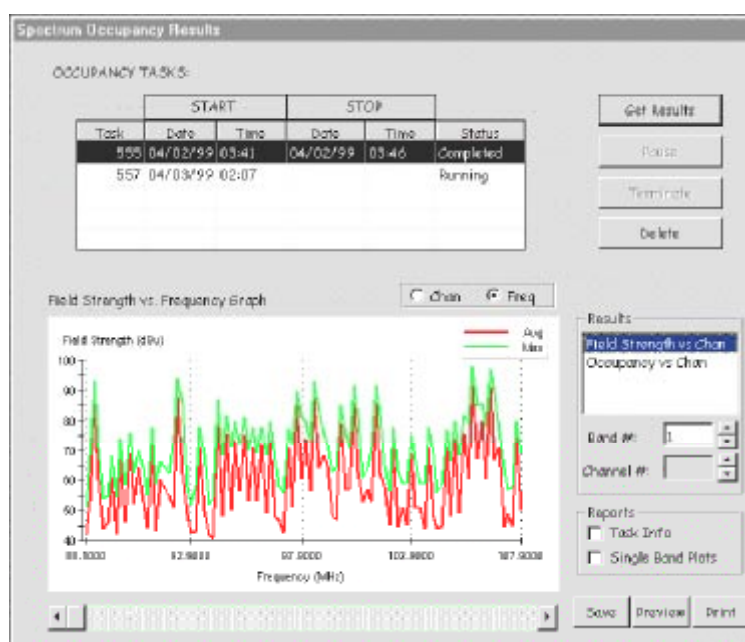
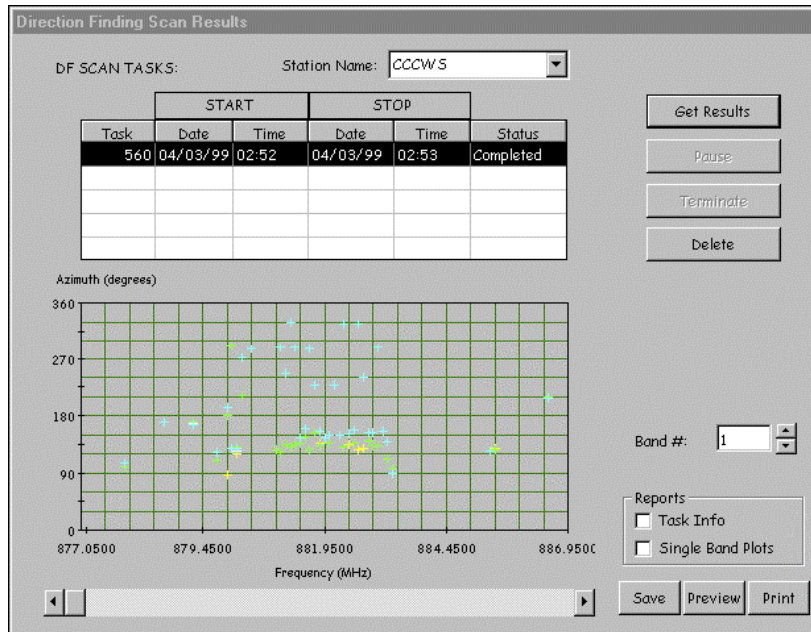


FIGURE 10

Affichage des résultats du balayage radiogoniométrique



1537-10