

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2130-1
(06/2017)

Inspection des stations de radiocommunication

Série SM
Gestion du spectre



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Rapports UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REP/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre

Note: Ce Rapport UIT-R a été approuvé en anglais par la Commission d'études aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2020

© UIT 2020

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RAPPORT UIT-R SM.2130-1

Inspection des stations de radiocommunication

(2008-2017)

TABLE DES MATIÈRES

Page

1	Introduction	2
2	Rôle et organisation des activités d'inspection	2
3	Techniques d'inspection.....	4
4	Paramètres techniques	5
5	Équipement supplémentaire	6
6	Données examinées	8
7	Choix entre contrôle du spectre et inspection sur site	9
8	Conclusion.....	9
Annexe 1 – Critères de détermination de la taille de l'échantillon pour la programmation d'inspections		10
1	Introduction	10
2	Méthode de détermination de la taille de l'échantillon	10
3	Nombre d'échantillons nécessaires	11
4	Nombre d'échantillons à l'intérieur d'un réseau radio.....	12
5	Choix des objets à tester	12
6	Incidence des paramètres sur le volume à tester.....	13
7	Stratégie	14
8	Conclusion.....	14

1 Introduction

Le présent Rapport met en lumière les différentes Procédures d'Inspection, en réponse à la Question UIT-R 225/1 concernant les techniques et procédures d'inspection. La Question porte sur la manière dont les administrations programment et effectuent les inspections de stations de radiocommunication.

Le présent Rapport a pour objectif de proposer des directives générales quant à la planification et la mise en œuvre des activités d'inspections pour les différents types de stations de radiocommunication. En l'espèce, ces activités sont considérées comme celles effectuées «sur site», à l'endroit où se trouve l'émetteur et impliquent souvent l'examen et la vérification des conditions tant techniques qu'administratives assignées à une station de radiocommunication ou à tout autre utilisateur du spectre.

Bien que l'on utilise dans tout ce Rapport le terme «titulaire d'une licence», on peut considérer ici que ce terme englobe non seulement les stations titulaires de licences émises par l'organisme de réglementation, mais également d'autres utilisateurs du spectre autorisés (par exemple, ceux qui font usage d'appareils «exempts de licence» comme les dispositifs de radiocommunication de faible puissance et appareils RF fonctionnant dans le cadre de normes approuvées).

L'on trouvera en annexe des cas précis tirés de certains services, destinés à fournir des exemples d'application des directives générales. Ce Rapport doit être considéré comme consignnant des directives applicables à la planification d'inspections.

2 Rôle et organisation des activités d'inspection

Le spectre des fréquences radioélectriques a acquis une valeur grandissante pour le développement économique et social de nombreux pays. Il est à présent d'autant plus important pour les organismes de réglementation des télécommunications de contrôler ce spectre que les administrations nationales cherchent à permettre une utilisation efficace maximale du spectre, à contrôler le brouillage et à promouvoir de nouvelles technologies sans nuire aux technologies existantes.

Les réglementations techniques et administratives des radiocommunications formulées par l'administration d'un pays contribuent à garantir le fonctionnement sans brouillage des services de radiocommunication. Les utilisateurs du spectre qui émettent en dehors des paramètres autorisés peuvent causer des brouillages aux autres utilisateurs de plusieurs manières possibles (brouillage dans le même canal et les canaux adjacents, harmoniques et autres rayonnements non-essentiels). Afin de permettre une utilisation correcte et efficace du spectre, les organismes de réglementation utilisent en général diverses méthodes, dont le contrôle ou la mesure du spectre à distance, l'inspection des stations de radiocommunication ou des mesures effectuées sur place, et la consignation de spécifications à respecter pour certains types d'équipement, de radiocommunication ou non, générateurs d'énergie spectrale RF. Diverses combinaisons de ces méthodes, suivies de la mise en œuvre de sanctions en cas de non-respect des règles (notification officielle des violations) pour chaque problème rencontré, ont déjà fait leurs preuves et permis aux administrations de contrôler une utilisation efficace du spectre.

Les services chargés de ces fonctions peuvent être répartis différemment selon l'administration concernée:

- soit regroupés dans la même unité de l'autorité ou organisme de réglementation (par exemple, une équipe de surveillance du respect des règles qui effectue le contrôle, les inspections, et inflige des sanctions en cas de faute);
- soit dans diverses parties d'une même autorité ou organisation de réglementation (comportant à la fois une unité de contrôle, une unité d'inspection et une unité d'émission des sanctions);
ou

- dans certains cas dans des organisations différentes (les inspections de radiodiffuseurs pouvant être menées par une autorité ou organisation entièrement distincte de celle qui effectue les inspection ou le contrôle d'autres services de radiocommunication).

Ce sont souvent les réglementations nationales, le nombre de titulaires de licence ou d'utilisateurs autorisés du spectre, le nombre de stations privées par rapport au nombre de stations publiques et d'autres facteurs qui déterminent l'organisation des fonctions à l'intérieur d'une administration. Bien que l'on puisse gagner en efficacité lorsque toutes ces fonctions sont regroupées dans la même unité ou division, le facteur le plus important est que les diverses parties de l'organisation responsables de chaque domaine communiquent et se coordonnent entre elles afin d'identifier le travail à effectuer et les priorités, de remplir leur tâche et d'en faire rapport. Or, il devient de plus en plus difficile de faire une distinction stricte entre inspections sur site et contrôle des émissions. D'un côté, le contrôle des dispositifs à faibles puissance exige dans la plupart des cas d'être sur place mais d'un autre côté, l'inspection sur site d'un émetteur de radiodiffusion peut comprendre la mesure de sa puissance rayonnée, ce qui pourra nécessiter d'être à une distance de quelques kilomètres pour effectuer la mesure.

Les activités d'inspection doivent en outre s'appuyer sur des textes de loi appropriés et des règlements officiellement approuvés consignant en détail l'application de ces textes. Ces règlements doivent couvrir l'organisation, les moyens technologiques et les procédures applicables pour les inspections, les droits et devoirs des inspecteurs et des utilisateurs du spectre, etc. Parmi les devoirs des utilisateurs du spectre doivent figurer les dispositions à prendre afin d'assurer le libre accès des inspecteurs aux installations de radiocommunication ainsi que les mesures destinées à éviter toute entrave à leur travail. En général, ces dispositions sont incluses dans les règlements nationaux et c'est sur ces règlements que se fondent les pouvoirs permettant à tout inspecteur qui en est porteur d'être reconnu comme habilité à mener des inspections au nom de l'autorité de réglementation.

Au moins pendant les premières étapes de sa mise en œuvre, cette fonction d'inspection peut être combinée avec celle du contrôle à distance par voie hertzienne, étant donné que les équipements de contrôle et de mesure sont les mêmes, ainsi que d'autres types d'équipement utilisés à la fois pour le contrôle et les activités d'inspection sur le site.

La définition de procédures de mesure normalisées pourrait être utile non seulement pour les administrations, afin de garantir la qualité des inspections réalisées par les différents agents de contrôle, mais aussi pour les fournisseurs de service et les utilisateurs du spectre, afin d'offrir les bases sur lesquelles tous les titulaires de licence peuvent s'appuyer pour effectuer leurs propres mesures et de garantir la qualité des données fournies pour appuyer les activités de gestion du spectre.

Pour diverses raisons, certaines administrations ne mènent pas d'inspection des stations de radiocommunications. Mais à long terme l'absence de programme d'inspection peut entraîner un certain nombre de conséquences néfastes. En l'absence d'inspections, on ne peut garantir le caractère complet et fiable du fichier de référence national des fréquences; en effet, l'une des raisons d'être de l'inspection est de vérifier que la station de radiocommunication est installée et fonctionne effectivement selon les paramètres qui lui ont été assignés. Il est souvent difficile d'obtenir des données de référence valables afin de pouvoir contrôler ultérieurement le spectre (comme les valeurs de référence du champ). Ces deux facteurs nuisent considérablement à la capacité effective des systèmes automatiques de gestion du spectre à détecter les fautes et les utilisations non autorisées. D'un point de vue administratif, l'absence d'inspections exerce une influence néfaste sur les utilisateurs du spectre, qui peuvent en venir à se croire autorisés à passer outre les paramètres spécifiés dans leur licence étant donné que le risque de détection est amoindri en l'absence d'inspections sur place. À cet égard, des inspections, même limitées, peuvent accroître considérablement le sens de la responsabilité des utilisateurs du spectre.

3 Techniques d'inspection

On peut définir en général les *techniques d'inspection* utilisées par les administrations comme l'ensemble des facteurs de décision, des étapes de planification et des méthodes de mise en œuvre dont elles font usage afin de programmer et de mener des inspections de stations. Les inspections doivent faire l'objet de plusieurs décisions, concernant les services de radiocommunication à inspecter, leur nombre, la fréquence des inspections, et le niveau de détail des éléments à relever lors de chaque inspection.

Les administrations utilisent tout un éventail de techniques pour organiser leur programme d'inspection, depuis l'inspection de toutes les stations à celle de quelques-unes ou d'aucune. On trouvera ci-après quelques exemples d'organisation des inspections:

– **Inspection de toutes les stations**

Certaines administrations se fixent pour objectif (ou sont tenues, de par les réglementations ou politiques) d'inspecter toutes les stations de certains services ou parfois de tous les services dans un délai donné. L'adoption de cette procédure est souvent limitée en raison de la multiplication des dispositifs radioélectriques et des ressources limitées des administrations, mais elle peut être utile dans des cas particuliers, par exemple pour recenser tous les utilisateurs et permettre de rectifier de manière systématique toutes les erreurs relatives aux utilisateurs titulaires d'une licence figurant dans les bases de données.

– **Inspection d'un pourcentage donné**

L'inspection d'un pourcentage donné de stations ne fait que réduire rapidement la charge de travail des inspecteurs et le dérangement pour les titulaires de licences.

– **Inspection fondée sur des méthodes statistiques**

Certaines administrations utilisent des méthodes statistiques afin d'estimer les taux de conformité généraux et se servent des résultats afin de programmer les niveaux d'inspection ultérieurs. Dans la forme la plus simple de cette méthode, si l'on inspecte un petit échantillon de stations, il est possible de déduire le taux de conformité général du taux de conformité de l'échantillon. Par exemple, un fort taux de conformité constaté peut déboucher sur un moindre nombre d'inspections (échantillon réduit) de ce service de radiocommunication l'année suivante. Ces méthodes réduisent la charge de travail pour les inspecteurs et le dérangement pour les titulaires de licence.

– **Inspections motivées**

Les inspections motivées peuvent être déclenchées par une cause spécifique, telle que des plaintes en brouillage, des paramètres non conformes détectés par le contrôle du spectre ou d'autres indications d'infractions éventuelles. Des inspections peuvent être en outre motivées par des événements spéciaux (grandes manifestations sportives par exemple) ou par la nécessité de déterminer le degré de conformité d'un élément particulier (par exemple, l'exactitude des coordonnées d'un pylône).

– **Inspections limitées**

Les inspections limitées peuvent vérifier seulement un élément précis qui fait l'objet de l'attention de l'organisme de réglementation, comme par exemple tel ou tel document administratif de la station ou la puissance de sortie de l'émetteur.

– **Inspections fondées sur le risque**

Certaines licences peuvent être considérées comme «à haut risque». Ce sont celles dont sont titulaires des stations de radiocommunication plus susceptibles de générer des brouillages que d'autres. L'on pourrait inclure dans ces licences à «haut risque» les licences attribuées à des sites à forte concentration d'émetteurs RF, à des fréquences adjacentes à celles de services de sécurité, ou dans des bandes partagées par des émetteurs de forte et de faible puissance.

Le cas échéant, les administrations peuvent faire porter davantage leurs efforts sur l'inspection de stations disposant d'une «licence à haut risque».

Lorsque une administration lance ses activités d'inspection, surtout dans un cas où il n'existe pas d'expérience préalable, il peut être utile de centrer les efforts sur les quelques secteurs qui lui permettront au mieux de garantir une utilisation efficace du spectre. Voici quelques secteurs dont il est conseillé de programmer l'inspection en priorité:

- Inspection de toutes les stations récemment installées.
- Inspection des émetteurs les plus puissants (comme les émetteurs de radiodiffusion).
- Inspections des services dans lesquels les statistiques font état du plus grand nombre de violation des règles. De l'expérience des administrations, il s'agit généralement de stations de radiocommunications mobiles privées.

On trouvera ci-après un exemple de structure d'un programme d'inspection:

- Inspecter au moins 15% des stations de radiocommunication de base des services mobiles personnels.
- Inspecter au moins 15% des émetteurs-récepteurs utilisés par le réseau téléphonique public commuté (RTPC).
- Inspecter au moins 15% des stations fixes et mobiles des services de radio-taxi.
- Inspecter 100% des services de recherche scientifique.
- Inspecter au moins 15% des stations terriennes associées à un satellite.
- Inspecter 100% des stations autorisées utilisées pour des services fixes et mobiles dont la licence a expiré ou expirera pendant l'année en cours.
- Inspecter au moins 20% des paramètres techniques des stations fixes et mobiles.
- Mener à bien l'inspection des nouvelles stations ou des stations ayant fait l'objet de modifications 30 jours au plus avant l'octroi de la (nouvelle) licence.
- Inspecter au moins 15% des stations dont les licences ont expiré ou ont été retirées du système national de base de données, ou vérifier la cessation de leur activité.

L'on retrouve dans cet exemple plusieurs éléments des diverses catégories citées ci-dessus; il illustre également la façon dont certains des facteurs en jeu peuvent dépendre des règlements émis par une administration, des politiques gouvernementales et des résultats des programmes d'inspection des années antérieures.

D'autre part, on constate dans cet exemple que la taille de l'échantillon inspecté varie selon les catégories de stations. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs, dont le nombre de stations autorisées dans un service, les antécédents de respect ou non des règles, ou les objectifs ou politiques de l'administration concernant une catégorie précise de service de radiocommunication.

4 Paramètres techniques

En règle générale, tout élément spécifié dans la licence ou les conditions d'exploitation d'une station est susceptible d'être mesuré ou vérifié lors d'une inspection. Les paramètres d'exploitation d'une station jouent un rôle crucial pour maîtriser le brouillage et permettre ainsi à plusieurs stations de cohabiter sur les mêmes fréquences et/ou les mêmes zones géographiques, et ils servent à garantir une utilisation efficace du spectre. Les paramètres spécifiés jouent un rôle essentiel pour définir la zone de couverture d'une station et la quantité de spectre occupé. Voici une liste des paramètres techniques pouvant faire l'objet d'une vérification lors d'une inspection.

- Fréquence (décalage et stabilité).

- Puissance de sortie de l'émetteur.
- Puissance rayonnée.
- Coordonnées géographiques.
- Harmoniques, produits d'intermodulation et rayonnements non-essentiels.
- Champ électrique, magnétique et électromagnétique.
- Largeur de bande.
- Hauteur de l'antenne.
- Direction du lobe principal.
- Diagramme d'antenne.
- Angle d'inclinaison de l'antenne.
- Paramètres de modulation.
- Densité de puissance surfacique.

Le choix des éléments à contrôler dépendra du type de station ou de service de radiocommunication, de la réglementation des radiocommunications du pays et des politiques de l'organisme de réglementation. La décision peut être influencée par d'autres facteurs tels que des problèmes observés auparavant, la présence d'éléments dans lesquels on perçoit un potentiel de brouillage ou d'éléments liés à un brouillage effectif constaté. Il peut exister des facteurs indirects comme des questions liées au personnel ou à la charge de travail de l'administration chargée de la réglementation, ou à la disponibilité de l'équipement. En général, dans la planification d'activités d'inspections, les administrations ciblent les éléments à vérifier en fonction de ces facteurs.

5 Équipement supplémentaire

Les points ci-dessous présentent une liste des équipements recommandés généralement utilisés pendant une inspection de station de radiocommunication:

Équipements de base:

- Fréquencemètre.
- Wattmètre/coupleurs directifs.
- Analyseur de spectre/récepteur de mesure.
- Antennes.

Les paramètres fondamentaux que sont la fréquence de fonctionnement, la puissance d'émission et les caractéristiques spectrales des signaux RF peuvent être évalués à l'aide de ces instruments.

Équipements supplémentaires:

- Mesureur de champ.
- Appareil de mesure de la densité de puissance surfacique avec mesureur de champ E et H à sonde isotrope.
- Analyseurs de modulation et de protocole.
- Télémètre.
- Mètres ruban.
- Boussole/inclinomètre.
- GPS.
- Supports d'antenne/trépieds.

- Charge résistive.
- Câbles, connecteurs, accessoires.

Certains de ces outils servent à confirmer la hauteur/localisation de pylônes, l'orientation d'antenne, et à mesurer des paramètres spéciaux caractéristiques d'un service de communications précis (comme par exemple, l'analyseur de modulation TV ou numérique).

Certaines administrations ont relevé que des équipements supplémentaires spéciaux peuvent se révéler nécessaires à certaines inspections, selon le type d'émission, les fréquences assignées, l'introduction de nouvelles technologies de communication et les tâches constitutives de l'inspection. Par exemple, on peut avoir besoin pour certaines inspections d'un modèle récent d'analyseur de radiocommunications comportant des fonctions avancées d'analyse de signaux à modulation numérique afin de détecter et mesurer correctement les porteuses numériques utilisant de nouvelles techniques de modulation/d'accès au spectre, pour peu que l'administration exige que l'on prenne ce type de mesure.

Pour l'utilisation de tout instrument, des facteurs à ne pas perdre de vue sont la précision de l'étalonnage et l'incertitude de mesure de l'équipement. Il faut consulter les instructions du fabricant afin de définir les critères d'étalonnage.

En général, dans la pratique, on applique des tolérances aux mesures prises lors de l'inspection en se fondant sur l'incertitude/la répétabilité de mesure de l'instrument. Lors de la programmation d'une inspection, il est recommandé de rassembler préalablement à l'utilisation tout l'équipement prévu (ainsi que les manuels d'utilisation correspondants et les instructions concernant les procédures de mesure), et de vérifier qu'il fonctionne bien.

Il est possible d'utiliser un logiciel de contrôle de l'équipement afin de capturer des mesures normalisées et répétables lors des inspections. Ce logiciel peut se révéler un outil utile pour garantir la prise en compte de tous les éléments liés aux tolérances. Le logiciel, installé sur un ordinateur portable ou une tablette, apporte une aide à l'inspecteur lors de ses activités de mesure. Grâce à l'utilisation d'une interface, l'ordinateur portable peut communiquer avec l'équipement de mesure et collecter toutes les données nécessaires puis comparer automatiquement les résultats avec les paramètres figurant dans la licence et compiler un rapport.

En fonction de l'organisation du service d'inspection de l'administration, il est possible de vérifier également d'autres éléments d'ordre technique ou administratif (par exemple, sécurité du réseau électrique, niveau de risque de rayonnement radioélectrique, sécurisation des pylônes, ou autre).

Le Tableau 1 donne un récapitulatif des équipements supplémentaires et des paramètres à mesurer décrits ci-dessus.

TABLEAU 1

Récapitulatif des équipements et des paramètres mesurés

Équipement	Paramètre mesuré
Analyseur de spectre/récepteur de mesure, antenne	Fréquence, largeur de bande, champ HF, harmoniques, produits d'intermodulation et rayonnement non essentiels
Analyseur de signaux, antenne	Fréquence, largeur de bande, puissance harmoniques, produits d'intermodulation et rayonnements non essentiels, paramètres de modulation
Fréquencemètre, antenne	Fréquence et décalage de fréquence
Wattmètre, coupleur directif, charge résistive	Puissance de sortie de l'émetteur (directe et réfléchie)
Mesureur de champ avec antenne/câble étalonné	Champ
Mesureur de la densité de puissance surfacique	Champ électrique, magnétique et électromagnétique
Analyseur de modulation	Paramètres de modulation de certains types de signaux et présence de signaux supplémentaires
Télémetre	Distances, y compris la hauteur d'antenne
Mètres ruban	
Boussole	Azimut de l'antenne
Inclinomètre	Angle d'inclinaison de l'antenne
GPS	Situation géographique du site

6 Données examinées

La licence et les conditions d'exploitation de la station font partie des documents administratifs principaux à examiner lors de l'inspection. Ces textes doivent faire l'objet d'une étude préalable étant donné que l'équipement de mesure nécessaire dépendra des paramètres techniques à évaluer. Certains de ceux-ci ne peuvent être déduits du texte de la licence (c'est le cas par exemple du type de connecteurs à utiliser avec un émetteur de forte puissance), et nécessitent donc des recherches supplémentaires.

L'un des objectifs fondamentaux de l'inspection est de confirmer si le fonctionnement de la station est effectivement conforme aux paramètres assignés par l'administration pour l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques. On détermine la conformité de la station en comparant les paramètres observés à ceux que spécifie la licence. D'autres données sont examinées, telles que les certificats/autorisations de l'équipement installé, les données concernant le fonctionnement quotidien de la station (par exemple, registre d'exploitation de l'émetteur et de programmation), et autres éléments spécifiques éventuellement nécessaires pour certains types de stations.

Les résultats des inspections sont généralement enregistrés sous une forme adaptée ou une liste de contrôle (sur papier, ordinateur portable ou tablette) conçue pour rassembler les informations considérées comme importantes par l'administration. D'ordinaire, ces informations incluent les résultats de la vérification des paramètres spécifiés dans la licence (le processus mentionné ci-dessus), des remarques concernant toute non-conformité ou écart d'avec les paramètres spécifiés, une description du site de l'émetteur (illustrée par des photos si nécessaire) ainsi que du personnel présent lors de l'inspection et de l'équipement utilisé, et les commentaires de l'inspecteur accompagnés de ses

remarques sur les mesures à prendre. La station se voit notifier tout manquement aux règles, qu'il est prié de rectifier, et ces manquements sont également consignés dans le rapport d'inspection ainsi que dans la base de données administrative relative aux inspections ou à la conformité. On peut se servir des informations tirées de ces archives (niveau de conformité ou autres résultats d'inspections) afin d'adapter les programmes d'inspections à venir.

Les résultats d'inspections permettent également à certaines administrations de vérifier ou d'améliorer l'exactitude de leurs bases de données concernant les licences en cours de validité. Cela peut se révéler utile lorsque la base de données est lacunaire, ou qu'un dysfonctionnement occasionne des divergences entre les informations qu'elle contient et ce qui a été constaté lors de l'inspection.

7 Choix entre contrôle du spectre et inspection sur site

Il est possible de vérifier efficacement certains paramètres-clé des stations tels que la fréquence, l'excursion de fréquence, la largeur de bande et l'excès de puissance, et par là même, la conformité des paramètres de la station avec sa licence ainsi que la discipline dont fait preuve l'opérateur dans l'exploitation de la station grâce à des stations fixes ou mobiles de contrôle des émissions. Les avantages de cette méthode sont que l'on peut examiner plusieurs stations à partir du même point si le niveau du signal est suffisant et que les opérateurs ne doivent pas forcément être contactés ou en ligne.

On peut mesurer efficacement à distance surtout les émetteurs de radiodiffusion sur ondes métriques et décimétriques. On peut comparer le champ mesuré aux résultats d'un outil de planification, ou mieux encore, aux résultats antérieurs déjà enregistrés dans une base de données. Toute anomalie apparaît immédiatement. À noter toutefois que l'on ne saurait négliger les conditions variables de propagation, surtout aux basses fréquences.

Il est à noter également que l'on ne peut considérer comme valables juridiquement les résultats du contrôle du spectre. Il se peut que des inspections sur place supplémentaire soient nécessaires afin de les confirmer.

Certains types de stations ont des circuits de filtrage et des circuits coupleurs complexes qui rendent difficile la connexion directe d'instruments et parfois incertains les résultats des mesures. De plus, la connexion directe à la sortie de l'émetteur omet le diagramme d'antenne et ne peut ainsi généralement faire état d'anomalies que pourraient présenter les systèmes d'antenne. Pour mesurer l'excursion de fréquence maximale ou la puissance du signal multiplex à une station de radiodiffusion MF, il faut que les réflexions soient faibles et que les autres signaux de diffusion soient suffisamment affaiblis. Pour des raisons évidentes, ces mesures sont effectuées par contrôle du spectre sans la participation de l'opérateur.

Comme nous l'avons déjà vu au § 2, la frontière entre la fonction de contrôle du spectre et la fonction d'inspection sur site est floue et la désignation d'une tâche de mesure dépend souvent des structures existantes.

8 Conclusion

Les informations contenues dans ce Rapport sont destinées aux administrations afin qu'elles en tiennent compte dans la programmation d'inspection de stations de radiocommunication. Ses auteurs font valoir qu'il n'est pas possible de développer un programme d'inspection détaillé et spécialement défini qui convienne à toutes les administrations et soit applicable à tous les services de radiocommunication et dans toutes les circonstances. L'objectif du présent Rapport est bien plutôt de formuler des instructions générales pour la programmation d'inspections, des exemples de cas précis, ainsi qu'une procédure de programmation d'inspections utilisable par les administrations et ajustable à leurs besoins précis.

L'Annexe 1 donne des descriptions plus détaillées des procédures d'inspection qui pourront également aider les administrations à comprendre et organiser leurs activités.

Annexe 1

Critères de détermination de la taille de l'échantillon pour la programmation d'inspections

1 Introduction

Il est évident qu'il n'est pas possible d'examiner tous les équipements radioélectriques de tous les utilisateurs en une année. Une fois accordée toute l'attention nécessaire aux considérations d'ordre économique (investissement en finances et en temps) et à l'objectif, qui est d'obtenir des résultats concluants, le choix d'un échantillon par le biais duquel vérifier l'utilisation des fréquences apparaît opportun. La méthode décrite ci-dessous est celle qu'utilise l'Agence fédérale allemande des réseaux. Elle permet de tirer, à partir des résultats d'un examen partiel (examen d'un échantillon), des conséquences projetables à l'ensemble du parc. Le présent exposé vise à répondre à la question de savoir comment choisir la taille et la composition de l'échantillon à examiner.

2 Méthode de détermination de la taille de l'échantillon

La détermination de la taille de l'échantillon ainsi que le choix des objets à tester doivent se fonder sur une méthode statistique reconnue et capable de donner des informations régulières et précises sur la conformité aux prescriptions au sein d'une application de radiocommunication. En principe, il est possible d'appliquer ce type de méthode à toutes les applications de radiocommunication. La méthode de l'échantillonnage est une méthode d'examen économique permettant de déterminer la situation de départ. Les conditions limites suivantes doivent être précisées, c'est la condition préalable permettant l'application de la méthode:

Équipartition des échantillons

Afin de garantir la représentativité de la sélection, chaque élément (ici, chaque fréquence assignée) de l'ensemble (ici, le nombre de fréquences assignées) doit avoir la même probabilité d'être choisi.

Aspects temporels

La période au cours de laquelle l'échantillon doit être testé et la fréquence des vérifications doivent être précisées. Cela influe en effet de façon déterminante sur les dépenses en personnel.

Critères géographiques

Il existe une différence entre un résultat relatif au pays dans son ensemble et un résultat représentatif de chaque région. La taille de l'échantillon augmente considérablement si l'on cherche à obtenir un résultat illustrant les différences régionales.

Critères statistiques

Les résultats de l'analyse donnent le pourcentage, P , de réseaux radio/fréquences assignées présentant des manquements. La taille minimale requise de l'échantillon dépend largement de la probabilité de la probabilité de certitude spécifiée, S , et de la valeur de l'erreur acceptable, e . La probabilité complémentaire $Q = 1 - P$ indique le pourcentage de fréquences assignées sans manquement.

Erreur acceptable

Un taux d'erreur de 5%, par exemple, signifie que la valeur de chaque échantillon (par exemple, 30%) peut être supérieure ou inférieure de 5% à la valeur réelle de la certitude de base, donc, que la valeur réelle peut se situer entre 25% et 35%.

La certitude d'un échantillon représente le nombre de cas dans lesquels la méthode d'échantillonnage donne des résultats «corrects» et précis. Par exemple, une certitude de 90% implique que sur 100 cas d'application de la méthode, on aura des résultats «incorrects» dans seulement 10 cas, mais ces résultats resteront néanmoins assez proches de la valeur «correcte», soit par exemple $\pm 5\%$.

3 Nombre d'échantillons nécessaires

Le nombre minimal d'échantillons requis pour atteindre le niveau souhaité de certitude se calcule selon la formule suivante:

$$n \geq \frac{N}{1 + \frac{(N-1) \cdot e^2}{z^2 \cdot P \cdot Q}}$$

où:

- n : taille minimum de l'échantillon nécessaire
- N : nombre total de fréquences assignées
- e : erreur acceptable choisie
- z : valeur de la probabilité de certitude spécifiée, S , calculée à partir de la probabilité centrale de la distribution normale standardisée

$$\Phi(z) = \text{erf}(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} dt$$

$$S(z) = 2 \cdot \Phi(z) - 1$$

- P : pourcentage de fréquences assignées pour lesquelles les conditions prescrites ne sont pas remplies (insatisfaisant)
- Q : $Q = 1 - P$, pourcentage de fréquences assignées pour lesquelles les conditions prescrites sont remplies (satisfaisant).

Pour un grand nombre de fréquences assignées (*au moins 30*), l'équation pour calculer n est simplifiée comme suit:

$$n \geq \frac{z^2 \cdot P \cdot Q}{e^2}$$

Comme on le voit sur cette formule, la taille minimale requise de l'échantillon dépend largement du produit $P \cdot Q$. Pour $P = 50\%$ et $Q = 50\%$, le produit $P \cdot Q$ est le plus grand possible. L'Agence fédérale allemande des réseaux pose les valeurs suivantes:

Probabilité de certitude:	90%
Erreur acceptable:	5%

Exemple:

Dans un territoire donné, il y a 8 000 réseaux radio d'une application de radiocommunication précise. Des examens antérieurs ont révélé qu'environ 30% des réseaux radio ne respectent pas les prescriptions. Combien faut-il inspecter de réseaux radio afin d'identifier la proportion de réseaux non conformes parmi ces 8 000 réseaux, avec une probabilité de 90%? Le taux d'erreur du résultat ne doit pas dépasser +5%.

$S(z)=90\%$ donne $\Phi(z) = 0,95$. Pour cela, la valeur $z = 1,645$ peut être tirée de la table mathématique appropriée ou calculée à l'aide d'une feuille de calcul. Si $N = 8\ 000$, $e = 5\%$, $P = 30\%$ et $Q = 70\%$, alors $n = 221$ échantillons ou réseaux respectivement.

4 Nombre d'échantillons à l'intérieur d'un réseau radio

Si l'on appliquait de façon constante ces raisonnements au nombre total des installations de radiocommunication à l'intérieur de chaque réseau, l'on obtiendrait des volumes aberrants à tester. Dans le cas d'un réseau comptant 20 installations de radiocommunications, il faudrait en tester 19, et même en prenant le cas d'un réseau en comptant 100, il en resterait 73 à tester.

Il est donc plus logique, par exemple dans le cas de la radiocommunication mobile privée, de tester toutes les installations fixes de radiocommunication et seulement un nombre limité d'équipements radioélectriques mobiles. S'il s'avérait que le nombre de manquements dépasse sensiblement la moyenne, l'on pourrait augmenter le nombre d'équipements radioélectriques du réseau à vérifier.

5 Choix des objets à tester

Bien que dans l'idéal, il faudrait que chaque échantillon soit choisi par un générateur d'aléatoire et sans intervention de placement à l'intérieur d'une population finie ou non finie, une sélection totalement aléatoire des objets à tester n'est pas possible en pratique. C'est pour cela que l'on utilise une méthode de sélection systématique. Si N représente le nombre total de fréquences assignées et n le nombre de réseaux à tester, un élément sur k est choisi dans la base de données, où l'on a $k = N/n$. Pour que cette méthode fonctionne, il faut que les éléments soient alignés dans la base de données selon un certain critère, par exemple selon le nom du titulaire de la fréquence assignée.

Par exemple, les assignations de fréquences répertoriées dans la base de données sont classées par bureau régional, code postal et nom. Les assignations à tester sont choisies par un générateur de nombres aléatoires. Les assignations déjà vérifiées au cours des deux dernières années sont exclues.

L'expérience montre qu'il est impossible de vérifier tous les réseaux sélectionnés au cours de la période fixée. Certaines des fréquences assignées peuvent avoir été rendues à l'agence ou le réseau radio peut avoir été mis hors service sans que la fréquence assignée ne soit rendue à l'agence. Afin d'atteindre malgré cela le degré de précision statistique requis, il est nécessaire dans ce cas de choisir d'autres objets à tester. Il a pu se produire en pratique qu'il faille sélectionner le double du nombre nécessaire de réseaux afin de pouvoir tester le nombre nécessaire n .

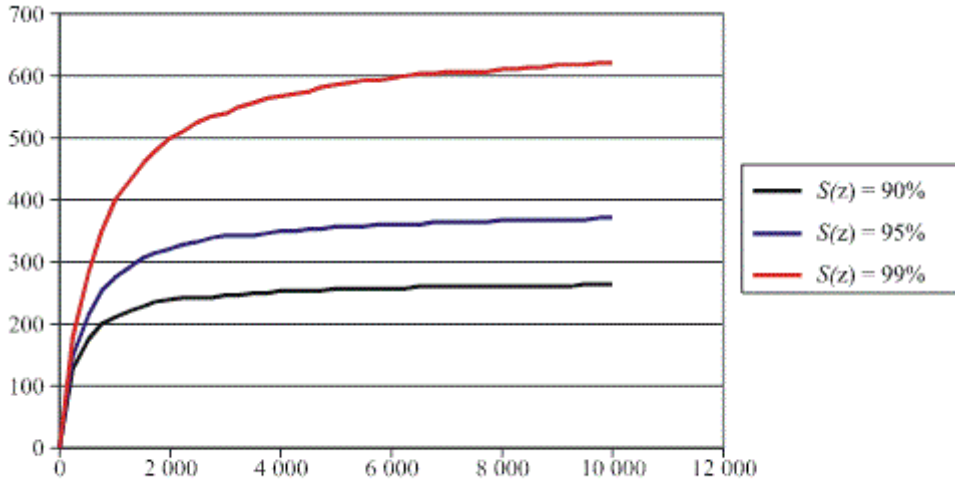
En règle générale, le titulaire de la fréquence assignée est informé des mesures à l'avance afin de garantir l'accès à l'équipement radioélectrique.

6 Incidence des paramètres sur le volume à tester

La Figure 1 montre que le nombre n d'échantillons nécessaires varie à peine au-delà de $N = 2\,000$. En revanche, la probabilité de certitude désirée a une incidence considérable sur le volume à tester.

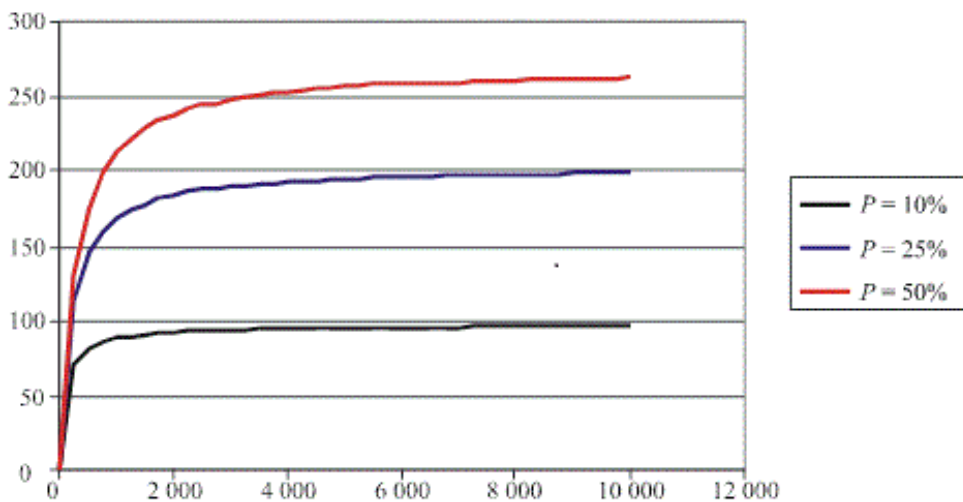
La Figure 1 indique le nombre d'échantillons par rapport au nombre de fréquences assignées requis pour les différentes valeurs de la probabilité de certitude S pour un pourcentage $P = 50\%$ de fréquences assignées pour lesquelles les conditions prescrites ne sont pas remplies (insatisfaisant).

FIGURE 1



La Figure 2 indique le nombre d'échantillons par rapport au nombre de fréquences assignées requis pour les différentes valeurs de P pour une probabilité de certitude $S = 90\%$.

FIGURE 2



7 Stratégie

La méthode décrite ci-dessus sert en premier lieu à déterminer la situation de départ. Il importe donc non seulement d'intégrer les résultats au calcul du volume à tester au cours de la période de test suivante, mais également de tirer des conclusions supplémentaires.

Tout d'abord, il faut poser la question de savoir si le résultat est satisfaisant ou non. Les conditions assignées sont-elles respectées dans la plupart des cas, ou le taux de réseaux présentant des manquements est-il si élevé que cela nécessite de prendre des mesures correctives? Un taux de manquement de 30% parmi les stations de radiocommunication mobile privée est tout à fait réaliste, mais si environ un réseau radio sur trois évite les manquements, le résultat ne peut être considéré comme satisfaisant.

Les propositions de mesures correctives suivantes ne sont que des exemples:

- inspecter des réseaux supplémentaires;
- inspecter tous les nouveaux réseaux radio dans l'année;
- renouveler dès l'année suivante l'inspection des réseaux où l'on a décelé des manquements;
- distribuer des brochures d'information aux utilisateurs des fréquences et aux distributeurs d'équipement radioélectrique.

Lorsqu'on évalue les manquements pour différentes régions, il peut s'avérer que le personnel chargé du contrôle ou des mesures de coercition dans les divers bureaux régionaux utilise des méthodes de travail différentes ou évalue différemment les écarts aux règles. Mais il se peut aussi que les utilisateurs des fréquences se comportent différemment selon les régions. Par exemple, en région montagneuse, il se peut qu'ils utilisent de plus fortes puissances ou des antennes particulièrement hautes afin d'augmenter leur portée. Si on obtient un tel résultat, il faut étudier la méthode d'attribution. Les critères imposés aux postulants sont-ils remplis ou faut-il effectuer des changements?

En règle générale, le titulaire de la fréquence assignée est informé des mesures à l'avance afin de garantir l'accès à l'équipement radioélectrique.

8 Conclusion

La méthode décrite ci-dessus permet de déterminer la taille de l'échantillon minimum requis pour évaluer la conformité des réseaux de radiocommunication aux paramètres qui leur ont été assignés sur la base d'une méthode statistique reconnue. Pour autant, cette méthode n'est efficace que si des conclusions sont tirées des résultats.
