

Manuel sur la gestion nationale du spectre

Edition 2015

Manuel sur la gestion nationale du spectre

Edition de 2015

UIT-R



AVANT-PROPOS

La nouvelle version révisée du Manuel sur la gestion nationale du spectre reprend l'édition de 2005 largement revue et augmentée. Elle a été élaborée par un Groupe de travail par correspondance mis en place par le Groupe de travail 1B en 2011 puis par un Groupe du Rapporteur mis en place par le Groupe de travail 1B en 2012 et approuvé par la Commission d'études 1 des radiocommunications. M. Hasan Sharif (Emirats arabes unis) était le Rapporteur du Groupe et il était assisté de M. Philippe Aubineau (Conseiller), M. Ruoting Chang (République populaire de Chine), Vice-Président du Groupe de travail 1B, M. Ilkyoo Lee (République de Corée), M. Roy Woolsey (Etats-Unis d'Amérique). De nombreux autres participants aux réunions du Groupe de travail 1B ont pris une part très active à l'élaboration de la présente version révisée du Manuel.

François Rancy
Directeur du Bureau des radiocommunications

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
AVANT-PROPOS.....	iii
CHAPITRE 1 – Les principes de la gestion du spectre.....	1
CHAPITRE 2 – Planification du spectre.....	47
CHAPITRE 3 – Assignation des fréquences et octroi des licences.....	77
CHAPITRE 4 – Contrôle du spectre et inspections	113
CHAPITRE 5 – Pratiques d'ingénierie du spectre.....	125
CHAPITRE 6 – Aspects économiques de la gestion du spectre.....	185
CHAPITRE 7 – Automatisation des opérations de gestion du spectre.....	215
CHAPITRE 8 – Mesures de l'utilisation du spectre et de l'efficacité d'utilisation du spectre	295
ANNEXE 1 – Formation à la gestion du spectre.....	325
ANNEXE 2 – Approche réglementaire adoptée par le CEPT concernant les dispositifs à courte portée (SRD).....	347
ANNEXE 3 – Meilleures pratiques pour la gestion nationale du spectre	357

CHAPITRE 1

Les principes de la gestion du spectre

Table des matières

	<i>Page</i>
1.1	Introduction..... 4
1.2	Buts et objectifs..... 4
1.3	Aspects internationaux..... 6
1.4	Principales directives/lois nationales applicables à la gestion du spectre 6
1.4.1	Loi sur les radiocommunications..... 6
1.4.2	Tableaux nationaux d'attribution des bandes de fréquences..... 6
1.4.3	Règlements et procédures..... 7
1.5	Structure et processus d'organisation 7
1.5.1	Structure et coordination 7
1.5.2	La prise de décision..... 8
1.6	Les responsabilités et les besoins fonctionnels associés à la gestion du spectre..... 8
1.6.1	Politique, planification et réglementation de la gestion du spectre 10
1.6.2	Elaboration d'un tableau national des attributions de fréquences..... 11
1.6.3	Assignation des fréquences et octroi des licences 11
1.6.4	Relation entre les redevances d'utilisation des fréquences et la procédure de gestion du spectre 12
1.6.5	Etablissement de normes et homologation des équipements..... 13
1.6.6	Contrôle du spectre et contrôle de la bonne application des règles relatives au spectre 15
1.6.7	Coopération internationale 17
1.6.8	Coopération nationale (liaison et consultation)..... 20
1.6.9	Appui à l'ingénierie du spectre 21
1.6.10	Appui informatique 21
1.7	Elaboration de la structure administrative d'un service de gestion du spectre .. 21
1.7.1	Observations générales..... 21
1.7.2	Gestion décentralisée/centralisée..... 22
1.7.3	Approche matricielle de la gestion du spectre..... 22
1.7.4	Résumé des principes 22
1.7.5	Systèmes de gestion du spectre 22

Page

1.8	Utilisation du cybergouvernement, des systèmes de gestion de la qualité et des modèles d'excellence dans la gestion du spectre.....	25
1.8.1	Considérations générales.....	25
1.8.2	Utilisation d'un système de gestion de la qualité (ISO 9001:2008).....	26
	Références bibliographiques	27
	ANNEXE 1 DU CHAPITRE 1	28
1	Historique.....	28
2	Structure organisationnelle	28
	ANNEXE 2 DU CHAPITRE 1	33
1	Observations générales	33
2	Considérations sur le manuel	33
	ANNEXE 3 DU CHAPITRE 1	35
1	Portée et finalité	35
1.1	Considérations générales.....	35
1.2	Finalité.....	35
2	Introduction concernant le SIA	35
3	Descriptions des processus.....	36
4	Systèmes de gestion de la qualité.....	38
4.1	Exigences générales	38
4.2	Documentation nécessaire.....	38
5	Responsabilité de la direction	39
5.1	Engagement de la direction	39
5.2	Privilégier le client	39
5.3	Politique relative à la qualité.....	39
5.4	Planification.....	40
5.5	Responsabilité, autorité et communication.....	40
5.6	Examen par la direction.....	41
6	Gestion des ressources	41
6.1	Fourniture des ressources	41
6.2	Ressources humaines.....	41
6.3	Infrastructures.....	42
6.4	Environnement de travail	42
7	Réalisation des produits	42
7.1	Planification de la réalisation des produits	42
7.2	Processus liés aux clients.....	43
7.3	Conception et développement	43
7.4	Achats.....	44

		Page
	7.5 Production et fourniture des services	44
	7.6 Surveillance des dispositifs de mesure et de contrôle	44
8	Mesures, analyse et amélioration	44
	8.1 Observations générales	44
	8.2 Mesures et contrôle	45
	8.3 Contrôle des produits non conformes	45
	8.4 Analyse des données	45
	8.5 Améliorations	46

1.1 Introduction

La société utilise de plus en plus des techniques fondées sur la radioélectricité, lesquelles offrent un potentiel énorme en matière de développement. C'est dire l'importance qui s'attache au spectre des fréquences radioélectriques et aux systèmes nationaux servant à gérer ce spectre. Les progrès techniques ouvrent chaque jour de nouvelles possibilités d'application du spectre qui suscitent un intérêt croissant – et une demande de plus en plus vive – pour cette ressource limitée. Compte tenu de cette demande croissante, l'utilisation du spectre doit être rendue plus efficace, et il est nécessaire de mettre en oeuvre des procédures de gestion du spectre efficaces. Dans ce cadre, des capacités modernes de traitement des données et des méthodes d'analyse technique sont essentielles pour satisfaire aux besoins de plus en plus variés des utilisateurs potentiels qui cherchent à accéder à cette ressource.

Les radiocommunications interviennent beaucoup dans un nombre croissant de services¹ – défense nationale, sécurité publique, radiodiffusion, communications d'entreprise et communications industrielles, communications aéronautiques et maritimes, navigation, communications personnelles. Les liaisons de radiocommunication, contrairement aux télécommunications hertziennes, sont indispensables dans un environnement dynamique ou mobile dans lequel une infrastructure de communication filaire n'est pas toujours disponible, ou encore les télécommunications ont été perturbées, par exemple dans des situations d'urgence ou de catastrophe naturelle. Les radiocommunications peuvent être assurées par satellite ou par des plates-formes terrestres.

Pour que le spectre soit utilisé de façon efficiente, son utilisation doit être coordonnée et réglementée dans le cadre des législations nationales et du Règlement des radiocommunications (RR) établi par l'Union internationale des télécommunications (UIT). Pour que chaque pays puisse tirer le meilleur parti de sa ressource de spectre, il importe au plus haut point que les activités de gestion du spectre facilitent la mise en place des systèmes de radiocommunication et fassent en sorte que ces systèmes fonctionnent sans brouillages mutuels. A cette fin, les administrations devraient, le cas échéant, utiliser des systèmes de gestion du spectre informatisés.

Il est certes très difficile de définir véritablement l'efficacité d'un système de gestion du spectre, mais la notion est en général liée au degré de satisfaction des besoins nationaux et au degré de satisfaction de ceux qui sont chargés de protéger les intérêts du public dans le cadre des services fournis aux usagers des radiocommunications. Les composantes de la gestion nationale du spectre sont les structures, les procédures et les règlements qui permettent à une administration de gérer l'utilisation du spectre radioélectrique à l'intérieur de ses frontières géographiques. En vertu d'accords internationaux, chaque administration réglemente son utilisation du spectre radioélectrique à l'intérieur des frontières géographiques nationales. Il appartient aux administrations d'élaborer leurs propres législations et de mettre en place les organismes qui assumeront les diverses tâches relevant de la gestion du spectre. L'efficacité de la gestion de la ressource spectre englobe les principales directives définissant la responsabilité de l'autorité nationale. Cette autorité réglemente l'utilisation du spectre ainsi que les procédures associées. S'il est vrai que la gestion du spectre différera toujours, ne serait-ce que très légèrement, d'une administration à l'autre, il demeure que ces éléments sont fondamentaux dans toutes les approches nationales.

1.2 Buts et objectifs

Pour que le système de gestion du spectre soit efficace, il faut définir des buts et des objectifs. Ces objectifs, le plus souvent énoncés dans la législation nationale, doivent comprendre les éléments suivants:

- mettre le spectre des fréquences radioélectriques à la disposition de tous les utilisateurs, qu'ils relèvent ou non des services publics, et stimuler ainsi le progrès social et économique; et
- assurer l'utilisation efficace et efficiente du spectre.

¹ Dans le présent Manuel, le mot «service» couvre les services de radiocommunication décrits dans le Règlement des radiocommunications et toute autre application de radiocommunication.

La gestion nationale du spectre est étroitement associée aux déclarations générales de politique nationale, au Règlement des radiocommunications et au plan à long terme². La gestion nationale du spectre doit permettre de libérer, aussi bien à court terme qu'à long terme, des fréquences suffisantes pour que les organismes du service public puissent s'acquitter de leurs missions, pour la correspondance publique, pour les communications des entreprises du secteur privé et pour la radiodiffusion. Bon nombre d'administrations accordent également une priorité élevée à l'utilisation du spectre pour la recherche, les utilisations scientifiques ou les activités du service de radioamateur.

Les objectifs nationaux concernant l'utilisation du spectre sont par exemple:

- mettre à disposition des services de télécommunication nationaux et internationaux efficaces, à l'usage des individus et des entreprises;
- encourager l'innovation dans le développement des infrastructures et la fourniture de services de radiocommunication;
- servir les intérêts nationaux, notamment la sécurité et la défense;
- sauvegarder la vie humaine et les biens;
- contribuer à la lutte contre la criminalité et à l'application de la loi;
- servir les systèmes de transport nationaux et internationaux;
- contribuer à la protection des ressources naturelles;
- permettre la diffusion d'informations à caractère éducatif, général et d'intérêt public et de programmes récréatifs;
- promouvoir la recherche scientifique, le développement et l'exploration.
- promouvoir la diffusion du patrimoine culturel ainsi que la protection des folklores nationaux et régionaux; et
- promouvoir la réduction de la fracture numérique

Afin que ces objectifs puissent être atteints, le système de gestion du spectre doit offrir une méthode cohérente pour effectuer les opérations suivantes: attribution des bandes de fréquences, autorisation et enregistrement des assignations de fréquence, élaboration de règlements et de normes. Une déclaration ou un règlement de politique nationale spécifie des facteurs, établit des critères pour l'octroi des licences et fixe des priorités qui permettront de déterminer qui sera autorisé à accéder à telle ou telle bande de fréquences et à quoi servira cette bande. Si les déclarations de politique générale peuvent également représenter un lien entre le programme des pouvoirs publics et les gestionnaires du spectre, la stabilité des politiques de radiocommunication est capitale pour les investissements. Les autorités peuvent déléguer à l'organisme de gestion du spectre l'autorité nécessaire pour définir la politique et le règlement d'utilisation du spectre. Le gouvernement peut aussi décider de confier cette organisation à des politiciens désignés à cet effet, et de déléguer l'autorité au gestionnaire du spectre ne concernant que l'élaboration des moyens d'application et de mise en oeuvre des décisions.

Par ailleurs, un plan national à long terme doit fournir des projections en ce qui concerne l'utilisation future du spectre sur la base d'une analyse des besoins nationaux à long terme, de l'évolution des technologies et des capacités de gestion du spectre. Dans un tel plan, un tableau national d'attribution des fréquences est un élément clé, définissant un cadre dans lequel les utilisateurs peuvent fixer leurs propres objectifs³. Le plan doit également spécifier les mesures que l'organisme de gestion du spectre doit prendre pour répondre aux besoins futurs. Le plan peut également recommander des modifications de la politique relative au spectre dans l'intérêt public⁴.

² Voir la Recommandation UIT-R SM.2015 – Méthodes de détermination des stratégies nationales à long terme pour l'utilisation du spectre.

³ Voir la Recommandation UIT-R SM.1265 – Nouvelles méthodes d'attribution des fréquences au niveau national.

⁴ Voir la Recommandation UIT-R SM.1047 – Gestion nationale du spectre.

1.3 Aspects internationaux

La coordination internationale et la notification des stations de radiocommunication à l'UIT permettent d'élaborer un règlement sur les radiocommunications et des procédures associées et visent à encourager la coordination multilatérale pour que les ressources du spectre soient utilisées de façon efficace, sans brouillage. Chaque administration fait partie de cette organisation intergouvernementale et joue un rôle important dans ces processus (voir aussi le Rapport UIT-R SM.2093). On trouvera à l'Annexe 1 du présent Chapitre une description de la structure et des activités de l'UIT.

1.4 Principales directives/lois nationales applicables à la gestion du spectre

Pour que les activités de gestion du spectre soient menées de manière à encourager l'utilisation efficace des ressources du spectre, il convient de formuler et de mettre à la disposition du public un certain nombre de directives et lois nationales. Ces directives et ces lois ont pour objet de définir les bases juridiques de la gestion de l'utilisation du spectre et de définir une politique nationale pertinente, assortie d'une réglementation spécifique.

1.4.1 Loi sur les radiocommunications

En raison de la progression rapide des techniques radioélectriques et du rôle essentiel que les télécommunications jouent dans le développement économique d'un pays, les lois relatives à la ressource spectre sont tout aussi importantes que les lois qui régissent l'utilisation des sols et des ressources en eau. En raison des différences que l'on peut observer entre les conditions d'exploitation d'une part et les impératifs de gestion de l'autre, les administrations doivent établir une nette distinction entre la loi relative aux radiocommunications et la loi afférente aux télécommunications générales. Lorsque l'utilisation des radiocommunications n'est pas encore très étendue, les pouvoirs publics doivent prévoir le développement de l'utilisation des radiocommunications et veiller à ce qu'une structure juridique adéquate soit en place.

Il conviendrait que la loi sur les radiocommunications soit un instrument de base qui officialise la qualité de ressource nationale du spectre des fréquences radioélectriques et la nécessité de régir cette ressource dans l'intérêt de tous les citoyens. Elle doit donc établir le droit de réglementation de l'utilisation du spectre conféré aux pouvoirs publics, y compris le droit d'application des règles de gestion du spectre. Par ailleurs, elle doit conférer aux citoyens et aux organismes publics le droit d'exploiter des équipements de radiocommunication. La qualité et la disponibilité des services de radiocommunication peuvent être étroitement liées au type d'activité des opérateurs et à la marge de manoeuvre qui leur est accordée. Lorsque le marché des services de communication est ouvert à la concurrence, ces services peuvent être proposés aux utilisateurs à des prix minimaux.

La loi nationale sur les radiocommunications peut également couvrir les conditions d'accès du public au processus de prise de décision relative à la gestion du spectre et la capacité de réaction des pouvoirs publics à cet input. Ce droit d'accès et les limitations d'accès éventuelles, doivent être inscrits dans la loi. C'est dire que la loi sur les radiocommunications peut faire obligation à l'autorité de gestion du spectre de porter ses décisions à la connaissance du public. La loi peut aussi prévoir une procédure de réexamen des décisions en fonction de critères et d'une procédure établis. Cette procédure doit être aussi simple que possible.

1.4.2 Tableaux nationaux d'attribution des bandes de fréquences

Un Tableau national d'attributions des bandes de fréquences est nécessairement à la base d'une gestion du spectre efficace.

Le Tableau international d'attribution des bandes de fréquences du Règlement des radiocommunications (Article 5 du Règlement des radiocommunications (RR)) est concerté par l'UIT à l'occasion des conférences mondiales des radiocommunications compétentes pour les trois Régions définies par l'UIT. Ce tableau devrait servir de base pour l'établissement du tableau national. Toutefois, le tableau de l'UIT (couvrant les trois Régions) prévoit généralement, dans une bande de fréquences, un certain nombre de services différents. Pour cette raison, les administrations souhaitent parfois adopter leurs propres tableaux nationaux, facilitant l'utilisation du spectre à l'intérieur des frontières nationales. Par exemple, dans certains pays, le tableau national est divisé en plusieurs bandes, certaines attribuées à l'administration centrale, d'autres aux utilisateurs privés. Très souvent, les pays insèrent dans leurs tableaux nationaux d'attribution respectifs des informations sur les

utilisations actuelles et stratégiques des applications de radiocommunication dans les bandes de fréquences qui leur ont été attribuées ainsi que sur les modalités de leur utilisation; dans d'autres pays ces informations font l'objet d'une législation distincte.

Mais, en tout état de cause, les administrations doivent tenir compte des modalités d'utilisation des bandes de fréquences dans les autres pays, non seulement par souci de compatibilité avec les pays voisins, mais encore pour s'assurer que les équipements nécessaires pour tel ou tel service seront disponibles, et à bon compte.

1.4.3 Règlements et procédures

Les règlements et procédures élaborés et adoptés par le gestionnaire national du spectre doivent comprendre des dispositions relatives aux recours légaux pouvant être opposés à certaines décisions qui portent adoption ou modification des règlements et procédures et doivent porter sur les domaines suivants: conditions d'utilisation des applications de radiocommunication, procédures d'obtention/de renouvellement d'une licence, normes techniques, procédures d'homologation des équipements, plans de disposition des voies, prescriptions d'exploitation, etc. Les règlements et procédures peuvent être définis pour chaque service de radiocommunication séparément, mais il est généralement plus efficace de regrouper tous les règlements applicables dans une publication unique. L'Annexe 2 du présent Chapitre décrit à titre d'exemple la structure résumée d'un manuel national de réglementation et de procédure.

Il incombe à chaque administration d'évaluer le niveau de réglementation qu'elle estime nécessaire pour réaliser les objectifs nationaux, tout en assurant la protection stipulée dans les accords internationaux. Un organisme de gestion du spectre doit s'inspirer des politiques nationales, et veiller à ce que ces règlements soient en conformité avec les objectifs nationaux tels qu'ils sont énoncés dans la législation du pays.

1.5 Structure et processus d'organisation

1.5.1 Structure et coordination

La loi nationale sur les radiocommunications doit déléguer l'autorité et la responsabilité de gestion du spectre à un ou plusieurs organismes d'Etat. Dans l'idéal, il faudrait peut-être confier cette responsabilité à une autorité unique, mais les réalités d'une part, et le niveau des ressources financières et des ressources humaines disponibles d'autre part, pourront imposer l'adoption d'autres approches.

Dans la plupart des cas, l'administration préfère confier la gestion de tous les types d'utilisation des radiocommunications à un seul département ou organisme, car cette formule présente l'avantage de simplifier la prise de décision, et d'obtenir des politiques applicables à tous les utilisateurs. L'organisme qui a le pouvoir de décision optimise son action en satisfaisant au plus grand nombre possible des besoins formulés par les utilisateurs du spectre. Dans le cas d'un organisme unique, il est possible d'alléger la charge de travail et d'augmenter l'efficacité en déléguant à d'autres groupes.

Certaines administrations pourront conférer des pouvoirs de gestion à plusieurs organismes. Mais alors, avec la multiplication du nombre des organismes investis d'une autorité et de responsabilités autonomes, la coordination se complique, et le morcellement des attributions de fréquences s'accroît. Dans certains cas, les divers groupes (ministères ou départements) ne parviennent pas à s'entendre entre eux sur l'utilisation du spectre, et il faut alors en référer à une autorité supérieure (premier ministre ou président).

Lorsqu'il existe plusieurs organismes responsables, la relation entre ces instances doit être précisément définie dans les règlements. Une façon de gérer cette séparation est de répartir les bandes de fréquences entre les différents organismes. Dans les différents services de l'administration centrale ou dans le secteur privé, on peut recourir à des groupes de coordination investis de responsabilités de gestion différenciées, pour épauler les organismes compétents. Ces groupes pourront résoudre les grands problèmes de spectre et spécifier les attributions de fréquences. Un représentant du cadre de gestion du spectre du secteur privé pourra être appelé à assurer la liaison avec de tels comités afin d'élargir leur perspective. Toutefois, un tel groupe ne saurait agir comme autorité collective de gestion du spectre.

Quelles que soient les instances investies de l'autorité et de la responsabilité, la désignation et l'étendue de cette autorité et de cette responsabilité doivent être définies dans des publications et portées à la connaissance des utilisateurs et des utilisateurs potentiels des systèmes de radiocommunication.

Par ailleurs, la législation nationale doit préciser qui a la charge de représenter les intérêts nationaux dans le cadre des activités internationales (par exemple, l'organisme de gestion du spectre peut assumer ce rôle). Lorsque, dans un pays, l'utilisation du spectre est gérée par plusieurs organismes, la représentation de cette nation dans les négociations internationales peut être complexe. Il est donc recommandé de confier la responsabilité d'ensemble de coordination de l'utilisation et de gestion internationale du spectre à un seul organisme.

1.5.2 La prise de décision

Les processus élaborés pour attribuer au niveau national telle ou telle partie du spectre, pour assigner des fréquences à des utilisateurs dûment autorisés et pour contrôler le respect des conditions dont ces licences sont assorties sont des instruments essentiels pour la réalisation des buts et objectifs nationaux.

Les instances administratives chargées d'élaborer la réglementation doivent suivre un processus prédéterminé de prise de décision, de nature à garantir que les activités de gestion du spectre seront menées avec méthode et en temps voulu.

Lorsque les objectifs nationaux envisagent la participation d'instances privées, non gouvernementales, pour la prestation de services de radiocommunication, les processus de prise de décision doivent prévoir un certain degré de transparence, dans la réglementation, condition essentielle si l'on veut que les entités du secteur privé investissent dans ces services et les exploitent.

L'indépendance de l'organisme de gestion du spectre est un élément fondamental lorsqu'il s'agit de prendre des décisions relevant de l'intérêt national. Lorsque l'organisme de gestion du spectre limite les utilisateurs à un rôle de consultation, les risques de décisions entachées de partialité sont réduits. Toutefois, la participation des utilisateurs à la prise de décision peut contribuer à instaurer un climat de confiance extrêmement important pour la concrétisation effective des objectifs nationaux.

1.6 Les responsabilités et les besoins fonctionnels associés à la gestion du spectre

Les principales responsabilités et les principaux besoins nationaux associés à la gestion du spectre sont les suivants:

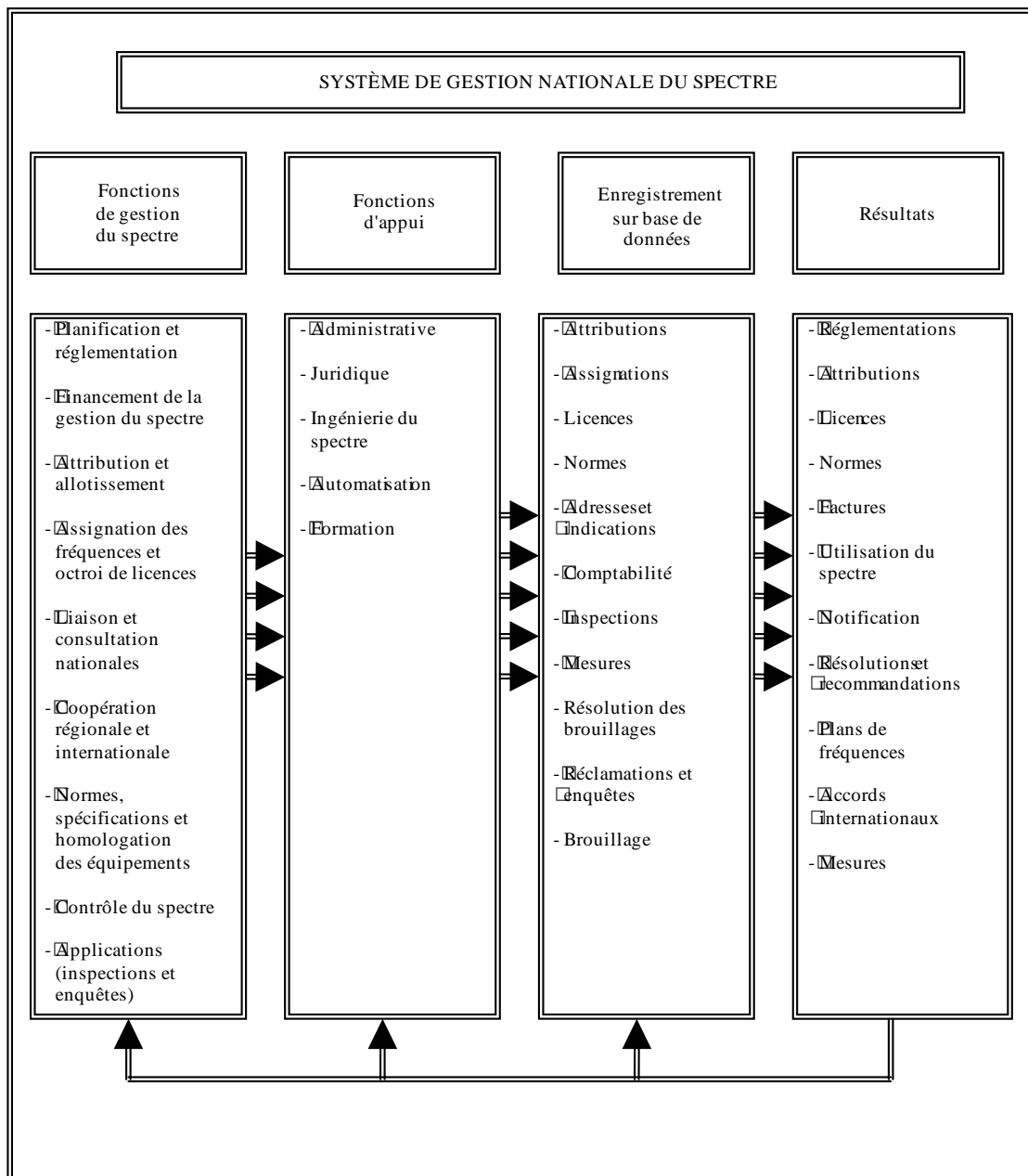
- a) planification et réglementation de la gestion du spectre;
- b) financement de la gestion du spectre (redevances);
- c) attribution et allotissement de bandes de fréquences;
- d) assignation des fréquences et octroi des licences (y compris attributions non soumises à licence);
- e) liaison et consultation à l'échelle nationale;
- f) coopération internationale et régionale, y compris coordination et notification des fréquences;
- g) normes⁵, spécifications, homologation des équipements;
- h) contrôle du spectre;
- i) contrôle de la bonne application de la législation relative au spectre;
- j) fonctions d'appui à la gestion du spectre, dont:
 - administratives et juridiques;
 - automatisation informatique;
 - ingénierie du spectre; et
 - formation.

⁵ Par «norme», on entend les Recommandations de l'UIT-R ou toute autre norme reconnue.

L'organisme de gestion du spectre (organisme autonome ou relevant d'un organisme national) peut être structuré de diverses manières, selon la législation, les conditions générales, les coutumes et les ressources de télécommunication du pays concerné. Toutes les fonctions énumérées ci-dessus doivent être couvertes. Certaines de ces fonctions peuvent être combinées, ou à l'inverse, subdivisées, selon la «surface» de l'organisme. L'organisme de gestion du spectre doit publier des informations détaillées quant à son organisation et à ses procédures de fonctionnement, afin que ces dispositions puissent être réellement comprises par les utilisateurs du spectre. La Figure 1.1 fait apparaître de façon schématique la configuration générale d'un système national de gestion du spectre.

FIGURE 1.1

Système national de gestion du spectre sur la base de responsabilités fonctionnelles



1.6.1 Politique, planification et réglementation de la gestion du spectre

L'organisme de gestion du spectre doit élaborer et mettre en oeuvre des plans, des réglementations et des politiques, en tenant compte des progrès techniques ainsi que des réalités sociales, économiques et politiques.

Le travail de planification et d'élaboration des politiques a pour objet essentiel l'attribution de bandes de fréquences aux divers services de radiocommunication. Lorsque telle ou telle utilisation du spectre fait l'objet d'intérêts qui s'opposent, c'est à l'organisme de gestion qu'il appartient de déterminer quelle(s) utilisation(s) servira (serviront) au mieux l'intérêt public et l'intérêt national, et comment partager les fréquences. Les éléments suivants devront être pris en considération dans les décisions d'attribution des fréquences.

Besoins du public, besoins nationaux et avantages

- Service tributaire des radiocommunications.
- Nombre probable de personnes appelées à bénéficier du service.
- Importance sociale et économique relative du service, notamment quant à la sauvegarde de la vie humaine et la protection des biens.
- Probabilité de mise en place du service et degré estimatif d'acceptation par le public.
- Incidence du nouveau service sur les investissements déjà déployés dans la bande de fréquences proposée.
- Impératifs nationaux (sécurité, service aéronautique, service maritime, service scientifique).

La réaffectation, méthode de gestion du spectre

Considérations d'ordre technique

- Nécessité d'utiliser pour le service des parties déterminées du spectre, compte tenu notamment des caractéristiques de propagation et de la compatibilité avec d'autres services, à l'intérieur comme à l'extérieur de la bande de fréquences retenue.
- Largeur de spectre nécessaire.
- Intensité de signal nécessaire pour un service fiable.
- Intensités relatives des brouillages radioélectriques et des autres brouillages électriques susceptibles d'être observés.
- Viabilité de la technologie (la technologie est-elle éprouvée et disponible, est-elle à la pointe du développement, ou n'est-elle pas encore tout à fait au point?).

Limitations imposées par les matériels

- Limite supérieure pratique du spectre radioélectrique et, plus généralement, quelle limite supérieure peut-on prévoir dans l'avenir?
- Caractéristiques de fonctionnement des émetteurs: limites pratiques concernant la puissance de sortie, aptitude à rester calé sur la fréquence et aptitude à supprimer les émissions hors bande et les rayonnements non essentiels.
- Types d'antennes disponibles pour le service et limitations pratiques de ces antennes (dimensions, coût et caractéristiques techniques), meilleures méthodes pour obtenir l'utilisation la plus efficace des fréquences.
- Récepteurs disponibles et récepteurs en cours de développement, en particulier: données sur leur sélectivité et sur leur adéquation compte tenu du service envisagé.

La réaffectation entre différentes organisations nationales responsables de différents services peut nécessiter une coordination accrue, conduisant à l'élaboration de conditions et de critères de partage détaillés. Si les assignations de fréquence se font par tranches relativement petites (plusieurs dizaines de mille), une subdivision des attributions de spectre entre les différentes organisations nationales (civiles et publiques) peut présenter un avantage par rapport à un partage dans la même bande.

1.6.2 Elaboration d'un tableau national des attributions de fréquences

Pour élaborer un tableau national des attributions de fréquences, il faut tout d'abord, les assignations de fréquence nationales actuelles étant connues, établir un plan national d'utilisation future. Le processus devra suivre étroitement le Tableau des attributions de fréquences établi par l'UIT pour la Région à laquelle appartient le pays considéré. S'il est vrai qu'un pays n'est pas en toute rigueur tenu de suivre exactement le Tableau de l'UIT, il importe de le faire, en raison des éléments suivants:

- Les équipements disponibles dans la Région sont ipso facto compatibles avec les bandes de fréquences spécifiées dans le Tableau des attributions.
- Les problèmes de brouillage avec les pays voisins seraient réduits au minimum.
- La planification des bandes de fréquences couvre les éléments techniques des équipements conformes au tableau régional.
- Dans le cas de certains services (aéronautique, maritime, certaines applications satellitaires), tous les pays doivent utiliser une bande spécifique, pour que la fonction puisse être universelle.

Un pays peut toujours s'écarter des attributions internationales, dans une mesure limitée, pour satisfaire à des impératifs nationaux. Pareil type d'utilisation est considéré comme conforme au numéro **0.4** du RR⁶, s'il n'en résulte aucun brouillage préjudiciable et si aucune protection n'est revendiquée.

Comme cela a déjà été dit, le tableau national des attributions de fréquences donne un état détaillé des modalités actuelles d'utilisation des fréquences, y compris toutes les données disponibles concernant les services de Terre et les services spatiaux et leurs applications. Les utilisateurs d'une bande de fréquences donnée ne souhaitent généralement pas en changer, car le changement de fréquences aurait des conséquences sur l'exploitation et, selon le type de service, pourrait signifier une perte de clientèle. Tout changement dans l'utilisation des bandes est très onéreux, en raison des coûts des nouveaux équipements, de la nécessité d'amener les clients à utiliser de nouveaux équipements, et du fait qu'il faut élaborer un certain nombre de procédures pour assurer la maintenance des nouveaux équipements et former le personnel nécessaire à cet égard. Toutefois, les utilisateurs accepteront peut-être un changement des bandes de fréquences attribuées lorsque ce changement est transparent pour eux et lorsque d'autres assumeront les coûts des nouveaux équipements (plus modernes). Lorsque l'état des utilisations actuelles a été élaboré, il faut planifier l'utilisation future de tous les services. Les services de sécurité nationaux ont parfois d'importants besoins de fréquences qui peuvent ne pas être en conformité avec le Tableau des attributions de l'UIT. Il convient de ne ménager aucun effort pour veiller à ce que l'utilisation des fréquences demandées soit véritablement justifiée et qu'elle soit effective (c'est-à-dire que les fréquences ne soient pas simplement mises en réserve en vue d'une utilisation ultérieure).

Il y a d'autres principes à suivre dans l'élaboration d'un tableau national des attributions de fréquences:

- Suivre le Tableau des attributions de fréquences établi par l'UIT, si nécessaire et dans la mesure du possible.
- Elaborer un plan fondé sur les utilisations actuelles du spectre jusqu'au point où ce plan fait obstacle à l'évolution.
- Prévoir pour l'administration centrale et les services de sécurité des attributions efficaces, harmonisées avec celles des autres pays.

1.6.3 Assignation des fréquences et octroi des licences

L'assignation des fréquences représente l'essentiel des activités au jour le jour d'un organisme de gestion des fréquences. L'unité chargée des assignations procède aux analyses requises pour choisir les fréquences les plus appropriées compte tenu des divers systèmes de radiocommunication, et elle assure aussi la coordination des assignations proposées par rapport aux assignations existantes.

⁶ «**0.4** Toutes les stations, quel que soit leur objet, doivent être établies et exploitées de manière à ne pas causer de brouillages préjudiciables aux communications ou services radioélectriques des autres Membres, des exploitations reconnues et des autres exploitations dûment autorisées à assurer un service de radiocommunication, et qui fonctionnent en se conformant aux dispositions du présent Règlement (numéro 197 de la Constitution).»

La fonction d'assignation des fréquences, combinée à la fonction d'octroi des licences, repose naturellement sur la législation, les règlements et les procédures nationales. L'unité responsable exerce aussi un contrôle sur le fonctionnement des stations en procédant aux opérations suivantes:

- examiner les demandes de licences et les documents justificatifs afin de déterminer le droit du demandeur à la licence du point de vue légal et réglementaire ainsi que l'acceptabilité technique des équipements radioélectriques proposés;
- assigner les indicatifs d'appels radio aux stations;
- délivrer des licences et percevoir les redevances, le cas échéant;
- définir des méthodes permettant de gérer les licences de système ou de réseau, selon le cas;
- renouveler, suspendre ou annuler les licences, selon le cas;
- faire passer les examens et délivrer les certificats d'opérateur en fonction des besoins.

Les procédures doivent indiquer les informations à fournir avec les demandes. Selon les objectifs nationaux du pays considéré, il pourra s'agir d'informations sur la finalité de l'utilisation des fréquences ou simplement de caractéristiques techniques qui permettront au gestionnaire du spectre de mieux coordonner les activités des requérants. Des procédures superflues ou trop lourdes sont de nature à compromettre le développement des systèmes de radiocommunication. Certaines administrations ont obtenu de bons résultats en confiant les tâches de coordination des fréquences à des entreprises privées.

Lorsqu'il existe un risque de brouillage préjudiciable au-delà des frontières nationales, la coordination internationale est nécessaire et l'UIT-R pourra être amené à participer à la procédure d'assignation de fréquence.

A des fins de future référence, il conviendra d'archiver dans des dossiers les demandes formulées et les approbations accordées. Certaines administrations ont opté pour le contrôle des émissions comme moyen de recherche des fréquences non utilisées. Cette méthode peut conduire à conclure qu'une fréquence est inutilisée pour la seule raison qu'on n'y a pas décelé d'activité au cours de la période de contrôle, mais ce peut être la seule méthode disponible pour la sélection des fréquences en l'absence d'un système d'archivage.

1.6.4 Relation entre les redevances d'utilisation des fréquences et la procédure de gestion du spectre

Le spectre des fréquences radioélectriques est une ressource naturelle qui peut être utilisée par l'homme, une ressource qui est finie et sensible aux brouillages. C'est aussi un atout très précieux, généralement géré par les pouvoirs publics. Les problèmes, pour les pouvoirs publics, sont de concilier au mieux des impératifs opposés, et d'élaborer les politiques qu'appellent ces impératifs. Les redevances d'utilisation des fréquences qui sont pratiquées pour les divers services de radiocommunication peuvent être une composante déterminante de la procédure de gestion du spectre.

L'objectif fondamental de la politique économique de gestion du spectre devrait être:

- Améliorer l'infrastructure des télécommunications du pays par une utilisation efficiente et efficace du spectre des fréquences radioélectriques.
- Etablissement de redevances administratives propres à financer l'infrastructure de gestion du spectre.
- Détermination équitable des redevances administratives, pour tous les utilisateurs du spectre des fréquences radioélectriques, qui soit propre à faciliter l'efficacité d'utilisation du spectre sur la base d'un système d'incitation approprié.
- Redevances définies en fonction de l'espace spectre utilisé pour la plupart des services, et notamment en fonction du nombre d'émetteurs par réseau.
- Principes économiques sur lesquels reposent les Recommandations et Rapports pertinents de l'UIT-R.
- Normes de radiocommunication au moins aussi bonnes que les normes requises aux termes du RR et des Recommandations de l'UIT-R.

- Récupération des fréquences qui ne sont pas utilisées avec efficacité ou efficacité, sur la base de critères acceptés.

Divers types de redevances de licences peuvent être institués:

- Redevance de soumission – due au dépôt d'une demande de licence.
- Redevance de permis de construction – versée pour la construction et la mise en oeuvre d'une nouvelle infrastructure ou d'un nouveau réseau.
- Redevance d'utilisation ou de réglementation – versée annuellement ou régulièrement pour l'utilisation d'un certain nombre de fréquences, pour couvrir les dépenses de gestion du spectre à l'échelle nationale.
- Redevance de certificat d'opérateur – associée aux examens de vérification des compétences des opérateurs et au renouvellement des certificats.
- Redevance administrative – destinée à couvrir le coût de traitement lorsque ce coût n'est pas couvert par la redevance de dépôt de la demande.

Les redevances ou les barèmes de tarification doivent être établis en vue d'une gestion du spectre: ils ne sont pas considérés comme un impôt sur la valeur du spectre à proprement parler. D'un pays à l'autre, les priorités sont très différentes, de sorte que les objectifs associés aux redevances de licence sont également variables (Chapitre 6).

1.6.5 Etablissement de normes et homologation des équipements

1.6.5.1 Observations générales

L'Article 3 du RR traite des besoins associés aux caractéristiques techniques des stations, l'objectif étant d'éviter les brouillages. Les Appendices 2 et 3 du RR spécifient les valeurs maximales respectivement des tolérances de fréquence et des rayonnements non essentiels. Il est de la responsabilité des administrations de veiller à ce que les équipements pouvant être utilisés sur leur territoire sont conformes à cette réglementation, et cette conformité est assurée par le recours à des «normes d'équipement» (documents dans lesquels sont spécifiées les normes de qualité de fonctionnement minimales imposées pour les émetteurs et récepteurs, ou autres équipements de radiocommunication) et les procédures associées qui permettent d'assurer la conformité à ces normes.

Les normes relatives aux équipements peuvent être élaborées par des organismes nationaux, régionaux ou internationaux (essentiellement l'UIT-R). Un sous-ensemble de normes techniques concernant la qualité de fonctionnement des systèmes et la compatibilité électromagnétique doivent retenir l'essentiel de l'attention des gestionnaires du spectre. L'application de normes facilite la garantie de compatibilité électromagnétique d'un système avec son environnement. Ici, il s'agit généralement de limiter les signaux émis à une largeur de bande donnée ou de maintenir un niveau de stabilité spécifié afin de ne pas causer de brouillages préjudiciables. Dans certains cas, les administrations peuvent fixer pour les récepteurs des normes imposant un certain degré d'immunité à l'égard des signaux brouilleurs.

L'UIT et le Comité international spécial des perturbations radioélectriques (CISPR) ont déjà établi un grand nombre de normes sur la compatibilité et l'exploitation qui peuvent être adoptées comme normes nationales. Si nécessaire, alors que plusieurs pays ou groupes de pays ont déjà élaboré leurs propres normes – citons par exemple les normes de l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI) et de la Federal Communications Commission des Etats-Unis. Le recours à des normes éprouvées et efficaces facilite l'élaboration des normes nationales. Il s'agit en tout état de cause d'un travail de longue haleine, car la simple analyse des normes internationales et nationales existantes est une tâche énorme.

L'une des composantes essentielles du travail de normalisation consiste à exposer les spécifications des essais de conformité et des procédures administratives relatives à la conformité. Les essais imposés et les procédures administratives concernant la conformité ne doivent pas être plus contraignants que nécessaire. Certaines procédures – par exemple, l'auto-homologation des équipements par les constructeurs – permettent de réduire le travail administratif.

L'acceptation des résultats des essais effectués par d'autres administrations peut faire partie du processus appliqué par une administration. Beaucoup d'administrations estiment que l'auto-homologation par les équipementiers ou le recours à des laboratoires d'essai privés sont suffisants pour faire en sorte que les équipements de radiocommunication soient conformes aux normes. L'auto-homologation implique que l'administration puisse tester sélectivement des équipements pour en vérifier le fonctionnement. Mais une administration procédant de la sorte pourra quand même souhaiter disposer de son propre laboratoire d'essai pour procéder à des contrôles par sondages. Le plus souvent, le groupe chargé des essais et des mesures fournit les services suivants à l'organisme de gestion des fréquences:

- essais en laboratoire des équipements d'émission et de réception, selon les procédures d'homologation prescrites;
- maintenance et étalonnage des appareils d'essai en laboratoire et des autres équipements utilisés par les services d'inspection et de contrôle de l'organisme;
- évaluation de la conformité des équipements acquis pour l'inspection et le contrôle des émissions; et
- aménagement de véhicules spéciaux et étalonnage des appareils à installer dans ces véhicules.

Exemple de procédure d'auto-homologation et de vérification de la conformité

Certaines administrations estiment que les procédures d'homologation à l'échelle nationale sont devenues superflues (pour certains types d'équipement) peuvent constituer un obstacle potentiel au commerce, d'autant que le nombre des équipements qu'il est prévu de commercialiser et d'exploiter en dehors de toute restriction réglementaire augmente dans de nombreux pays (c'est le cas, par exemple, des téléphones mobiles publics). On observe parmi ces administrations une tendance à transférer la responsabilité de vérification de la conformité des équipements à certaines conditions techniques essentielles (évaluation de conformité) du régulateur au fabricant ou au fournisseur. La surveillance du marché permet ensuite de repérer les équipements non conformes et de sanctionner financièrement le fabricant ou le fournisseur négligent. Les conditions d'octroi des licences rendent l'utilisateur juridiquement responsable de n'utiliser que des équipements conformes.

La vérification de la conformité d'un produit aux normes en vigueur devient alors la responsabilité du fabricant, tenu de faire une déclaration de conformité mais libéré de l'obligation d'obtenir un certificat d'homologation auprès d'un organisme officiel après avoir soumis ses équipements à des essais effectués dans un laboratoire officiellement reconnu. Lorsqu'il n'existe pas de normes (par exemple, dans le cas de produits nouveaux ou innovants), ou lorsque les normes existantes ne conviennent pas (par exemple, dans le cas d'un produit spécial à diffusion limitée), le fabricant peut avoir accès au marché en expliquant de façon plus détaillée comment les critères ont été respectés. Les informations fournies à cet effet doivent être disponibles pendant une certaine période (en général, plusieurs années). Les Etats Membres de l'Union européenne sont tenus de publier la réglementation nationale concernant l'accès au spectre des fréquences radioélectriques (réglementation relative à la connexion), afin que les fabricants soient totalement au fait des différences nationales d'attribution et d'utilisation, et qu'ils puissent ainsi faire en sorte que leurs produits soient exploitables sur de grands marchés. Les fabricants sont tenus d'informer les clients de l'utilisation prévue et des limitations d'utilisation des équipements qu'ils proposent, en faisant figurer les informations utiles sur l'emballage et dans le mode d'emploi. Les fabricants doivent également informer les Etats Membres de l'Union européenne de leur intention de commercialiser l'équipement sur leur marché, et les Etats concernés ont alors un certain délai pour faire connaître, le cas échéant, leur agrément.

Conformément aux conditions prescrites par l'Organisation mondiale du commerce, un grand nombre de pays ont conclu des accords de reconnaissance mutuelle avec d'autres Etats Membres, qui généralement présupposent un niveau de développement technique comparable entre ces pays, ainsi qu'une approche commune, en quelque sorte, de l'évaluation de conformité. Ces accords définissent les conditions d'acceptation mutuelle des certificats et marques d'homologation, ainsi que des rapports d'essai publiés par les organismes de vérification de la conformité des Parties aux accords bilatéraux.

1.6.5.2 Homologation des équipements

L'UIT approuve les Recommandations relatives aux normes mondiales. Elle collabore avec d'autres organisations de normalisation.

L'UIT, de plus en plus internationale par son caractère, déploie ses activités dans un environnement où l'on retrouve de nombreux autres organismes (voir la page web de l'UIT sur les organisations de normalisation et les organisations internationales: <http://www.itu.int/en/ITU-T/C-I/conformity/Pages/organizations.aspx>). La normalisation empêche la fragmentation du marché, dans l'intérêt aussi bien des consommateurs que de l'industrie. Pour préserver l'efficacité de son travail de normalisation mondiale, l'UIT continue d'appliquer les principes essentiels – consensus, transparence, ouverture, impartialité, actualisation, accès du public aux résultats, cohérence des règles, efficacité, responsabilité, homogénéité.

L'UIT poursuit, dans le cadre de la collaboration internationale, son objectif de développer des produits utilisables à l'échelle mondiale et répondant aux besoins de ses Etats Membres et de l'humanité dans son ensemble.

1.6.6 Contrôle du spectre et contrôle de la bonne application de la législation relative au spectre

Le présent paragraphe ne donne qu'un bref aperçu du contrôle du spectre et du contrôle de la bonne application de la législation relative au spectre et décrit sa pertinence au regard de la gestion générale du spectre. On trouvera dans le Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre des précisions concernant l'organisation d'un service de gestion du spectre, les procédures de mesure et les équipements.

1.6.6.1 Contrôle du spectre

La planification théorique de l'utilisation du spectre ne suffit plus. Il faut avoir connaissance de l'utilisation effective des fréquences pour être en mesure de prendre des décisions concernant l'assignation ou l'allotissement de fréquences.

Le contrôle du spectre facilite le processus de gestion globale du spectre en général, y compris les fonctions d'assignation des fréquences et de planification de l'utilisation du spectre, grâce aux mesures concrètes de l'utilisation des canaux et des bandes. Ces mesures permettent en effet d'établir des statistiques de disponibilité des canaux et d'évaluer l'efficacité de l'utilisation du spectre. Ces données permettent aussi de vérifier la planification de l'utilisation du spectre en comparant la planification théorique et les utilisations effectives, et, sur la base de cette comparaison, d'ajuster la planification. Le spectre est utilisé 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, chaque semaine de l'année, que ce soit au niveau local, régional ou mondial. Les activités de contrôle du spectre devraient elles aussi être permanentes.

Le contrôle du spectre comprend:

- le contrôle des émissions pour vérifier qu'elles sont conformes aux conditions d'assignation des fréquences (caractéristiques techniques et opérationnelles des signaux);
- l'observation des bandes de fréquences et les mesures de l'occupation des canaux de fréquence, ce qui donne des informations sur l'utilisation effective du spectre;
- la fourniture d'une assistance pour l'examen des cas de brouillage, au niveau local, régional ou mondial;
- la détection, la localisation et l'identification des émetteurs non autorisés;
- l'identification et la mesure des signaux brouilleurs.

Ces informations peuvent servir de base pour lancer ultérieurement des activités de vérification de la bonne application des règles, par exemple l'inspection sur site d'une station de radiocommunication.

Les informations rassemblées à la faveur du contrôle des émissions sont nécessaires, car les fréquences du spectre ne sont pas toujours utilisées comme prévu, et ce, pour diverses raisons – complexité des équipements, interaction avec d'autres équipements, mauvais fonctionnement d'un équipement, détournement d'utilisation délibérée. Ces problèmes sont d'ailleurs exacerbés par la multiplication des systèmes de radiocommunication de Terre ou par satellite et l'introduction d'équipements comme les ordinateurs, les éléments rayonnants qui peuvent occasionner des brouillages locaux.

1.6.6.2 Application de la législation relative au spectre

L'efficacité de la gestion du spectre dépend de la capacité du gestionnaire du spectre à disposer d'outils efficaces permettant de contrôler la bonne application de la réglementation pertinente. Les gestionnaires du spectre doivent être investis des pouvoirs nécessaires pour faire appliquer la réglementation relative à l'utilisation des fréquences et pour instituer des sanctions appropriées. Par exemple, on pourra conférer au personnel chargé de faire respecter l'application de la législation pertinente ou aux autres gestionnaires du spectre l'autorité requise pour identifier les sources de brouillage préjudiciable et imposer la cessation des émissions en cause, ou pour confisquer les équipements dans le cadre de mécanismes juridiques appropriés. Toutefois, les limites de ce type d'autorité doivent être spécifiées.

1.6.6.3 Coopération entre les responsables du contrôle du spectre et les responsables de la vérification de la bonne application de la législation relative au spectre

Il est dit au § 1.6.6 que sur la base des informations recueillies dans le cadre du contrôle des émissions des activités de contrôle de la bonne application de la législation peuvent être engagées et vice versa. La nécessité d'identifier la source d'un brouillage radioélectrique peut être à l'origine d'une demande relative à des activités de contrôle des émissions. Par ailleurs, du fait des techniques utilisées dans les systèmes de radiocommunication modernes, il est de moins en moins possible de faire une distinction claire entre d'une part certaines tâches liées au contrôle des émissions et à la vérification de la bonne application de la législation et d'autre part les méthodes de mesure. Toutefois, la gestion du spectre au niveau d'une administration peut être organisée et il doit y avoir une coopération très étroite entre les deux entités. Par conséquent, une intégration structurelle complète des fonctions de contrôle du spectre et de vérification de la bonne application de la législation dans les stations de contrôle des émissions fixes dotées de personnel, ainsi que dans les stations et véhicules de contrôle des émissions pilotées à distance.

Il en résulte de nouvelles tâches liées à la réalisation des mesures, lesquelles peuvent être facilitées grâce à :

- la fourniture d'une assistance particulière en certaines occasions, par exemple lors de grandes manifestations sportives ou de visites d'Etat;
- des mesures de la couverture radioélectrique;
- des mesures de la qualité de service;
- la fourniture d'une assistance pour les études sur la compatibilité radioélectrique;
- la réalisation d'études techniques et scientifiques, par exemple des mesures de la propagation;
- des mesures des champs électromagnétiques pour éviter les risques pour la santé liés à l'exposition aux rayonnements électromagnétiques.

1.6.6.4 Intégration des systèmes de contrôle et de gestion du spectre

Dans la Recommandation UIT-R SM.1537, il est recommandé aux administrations s'occupant à la fois de contrôle et de gestion du spectre d'envisager l'utilisation d'un système intégré et automatisé avec une base de données relationnelle commune offrant les fonctionnalités suivantes:

- Accès à distance aux ressources du système
- Détection automatique des violations
- Assignation des fréquences et octroi des licences
- Outils d'appui à l'ingénierie du spectre
- Mesures automatisées des paramètres des signaux
- Mesures automatisées d'occupation du spectre couplées à des mesures de géolocalisation facultatives
- Etablissement d'un calendrier des mesures d'occupation du spectre en vue de leur réalisation immédiate ou différée.

Lorsque l'on envisage d'acheter un système intégré, il faut évaluer lesquelles de ces fonctions sont nécessaires et le degré d'intégration adapté pour chaque administration. Il est évident que le service de contrôle du spectre et de vérification de la bonne application de la législation doit avoir accès à la base de données relative aux

licences et que les gestionnaires du spectre peuvent utiliser certaines des informations fournies par le service de contrôle du spectre.

Par exemple, les gestionnaires des fréquences devraient pouvoir avoir accès aux résultats des mesures automatisées de l'occupation du spectre qui sont utiles pour la planification de l'utilisation du spectre.

La détection automatique des violations, à savoir le processus consistant à comparer automatiquement les licences délivrées et les informations recueillies à l'issue du contrôle du spectre afin de repérer les émetteurs qui semblent être exploités sans licence ou avec des paramètres différents de ceux qui ont été indiqués dans les licences, est utile pour filtrer toutes les fréquences et identifier celles pour lesquelles on suspecte une violation et que l'opérateur doit donc examiner de plus près. Ces investigations plus poussées devraient être effectuées pour confirmer toute violation avant que les résultats ne soient versés dans la base de données relative aux licences.

L'un des plus gros avantages des systèmes automatisés est qu'ils peuvent effectuer des mesures répétitives de contrôle des émissions. L'opérateur est ainsi libéré de cette tâche et peut ainsi se consacrer à l'analyse des mesures qui ont été automatisées et être beaucoup plus efficace. Le système automatisé devrait traiter les données de mesure brutes pour les présenter sous forme de rapports facilement compréhensibles, y compris graphiques, susceptibles d'aider l'opérateur à analyser les données et à tirer des conclusions.

Il y a très peu de fournisseurs en mesure de fournir des systèmes intégrés, tels que décrits dans la Recommandation UIT-R SM.1537, y compris la fonction de facturation. Il faut vérifier avec soin que les systèmes envisagés respectent les spécifications pour toutes les bandes de fréquences, tous les services de radiocommunication et toutes les fonctions requises. L'utilisateur d'un système intégré est en fin de compte lié à un seul fournisseur. Il doit être conscient du fait qu'un tel système doit toujours être adapté aux spécificités de chaque pays et faire l'objet d'un entretien sur une longue période.

1.6.7 Coopération internationale

1.6.7.1 Observations générales

L'incidence des systèmes de radiocommunication déborde du simple cadre des frontières internationales. Les activités internationales comprennent les activités de l'UIT, celles d'autres organismes internationaux et les négociations bilatérales ou multilatérales.

Les conférences mondiales et régionales des radiocommunications (CMR et CRR) ainsi que les activités ordinaires des trois Secteurs (radiocommunications, normalisation des télécommunications et développement des télécommunications) nécessitent beaucoup de ressources et un important travail de préparation. Il s'agit notamment de définir les diverses positions à l'échelle nationale et de participer aux réunions internationales. La participation à des réunions régionales est de nature à faciliter grandement la tâche des administrations dans la préparation des conférences mondiales et des conférences régionales des radiocommunications, à plus large échelle.

La coordination des autorisations d'utilisation de fréquences entre les Etats Membres, en vue de la notification au Bureau des radiocommunications (BR), est une autre activité d'importance capitale. L'unité chargée d'accorder les autorisations d'utilisation des fréquences est souvent aussi l'unité qui procède à cette coordination. Elle mène aussi, sur demande, des actions de coordination et des actions connexes pour protéger les systèmes de radiocommunication d'un pays contre les brouillages ou dans les cas où la Circulaire internationale d'information sur les fréquences du Bureau (BR IFIC) contient des renseignements sur des assignations notifiées par d'autres administrations.

Bien qu'elles n'aient pas de responsabilité directe relativement aux prescriptions et règlements concernant l'utilisation du spectre, bon nombre d'autres organisations – OACI, OMI, OMM (Organisation météorologique mondiale), CISPR, etc., négocient les accords et normes qui ont des répercussions sur cette utilisation: il faut donc que les administrations envisagent de participer aussi aux travaux de ces organisations.

On trouvera des informations sur ces organisations et sur d'autres dans le Répertoire général de l'UIT (en ligne à l'adresse: <http://www.itu.int/en/membership/Pages/global-directory.aspx>), et plus précisément sur la page web consacrée aux organisations régionales et autres organisations internationales (CV231), aux organisations régionales de télécommunication (CV269B) et aux organisations intergouvernementales exploitant des

systèmes à satellites (CV269C) à l'adresse:
http://www.itu.int/online/mm/scripts/mm.list?_search=OTHERORGS&languageid=1&foto=y.

Les deux tableaux ci-après⁷ indiquent les principales organisations qui ont une influence sur la réglementation internationale des systèmes de communication hertziens, en dehors de l'UIT: les organisations intergouvernementales des secteur public et privé. Le Tableau 1.1 donne la liste des principaux régulateurs intergouvernementaux au niveau régional qui s'occupent de télécommunications et qui ont une influence sur la gestion internationale du spectre des fréquences radioélectriques.

TABLEAU 1-1

Principaux régulateurs des télécommunications à l'échelle régionale

Nom	Régulateurs des télécommunications à l'échelle régionale (organisations intergouvernementales)
APT	Télécommunauté Asie-Pacifique, 38 pays
ASMG	Groupe chargé de la gestion du spectre dans les Etats arabes, 23 pays (22, sans la Syrie exclue temporairement)
UAT	Union africaine des télécommunications, 44 pays
CEPT ⁸	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications, 48 pays
CITEL ⁹	Commission interaméricaine des télécommunications, 36 pays
EACO	Organisation des communications de l'Afrique de l'Est Burundi, Kenya, Rwanda, Tanzanie, Ouganda (comme la CEA)
FACSMAB	Comité chargé de l'assignation des fréquences, Singapour, Malaisie et Brunei
RCC ¹⁰	Communauté régionale des communications, 12 pays
REGULATEL ¹¹	Forum des régulateurs des télécommunications d'Amérique latine, 20 régulateurs
SADC	Communauté de développement de l'Afrique australe, 15 pays
WATRA	Assemblée des régulateurs des télécommunications de l'Afrique de l'Ouest, 15 pays

Le Tableau 1-2 indique les groupes intergouvernementaux; la plupart des organisations intergouvernementales sont groupées selon des critères géographiques; certains sont associés par langue: arabe pour AREGNET, portugais pour ARCTEL-CPLP, français pour CAPTEF et anglais pour CTO.

⁷ Les Tableaux sont basés sur la publication à venir John Wiley & Sons «Gestion du spectre radioélectrique: politique, réglementation, normes et techniques» de Haim Mazar.

⁸ *Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications.*

⁹ *Comisión Interamericana de TELecomunicaciones.*

¹⁰ *Past Russian dominance, present Russian influence.*

¹¹ *Foro Latinoamericano de Entes REGULADORES de TELecomunicaciones.*

TABLEAU 1-2

Organisations intergouvernementales ayant une influence sur la réglementation des télécommunications

Nom	Organisations régionales et intergouvernementales
AICTO	Organisation arabe des technologies de l'information et de la communication, 22 pays de la Ligue des Etats arabes
ANASE	Association des nations de l'Asie du Sud-Est
ARCTEL-CPLP ¹²	Association des régulateurs des communications et des télécommunications de la communauté des pays lusophones, 8 pays
AREGNET	Réseau des régulateurs arabes, 20 pays
ARICEA	Association des régulateurs en matière d'informations et de communications pour l'Afrique orientale et australe
UAR	Union africaine de radiodiffusion
ORECE	Organisation des régulateurs européens des communications électroniques
CAATEL ¹³	Comité andin des télécommunications, 4 pays (de CAN)
CAN	<i>Comunidad Andina de Naciones (Communauté andine des nations)</i> 4 pays
CANTO	Association des entreprises nationales de télécommunications des Caraïbes, 27 pays
CAPTEF ¹⁴	Conférence administrative des postes et télécommunications des pays d'expression française, 22 pays
CJK	Chine, Japon et Corée du Sud, 3 pays
COMTELCA ¹⁵	Commission technique régionale des télécommunications, 6 pays d'Amérique centrale
CRASA	Association des régulateurs des communications d'Afrique australe, 13 pays (la CRASA est la TRASA rebaptisée)
CTO	Organisation des télécommunications du Commonwealth, 54 pays
CTU	Union des télécommunications des Caraïbes, 13 pays
EAC	Communauté d'Afrique de l'Est, Burundi, Kenya, Rwanda, Tanzanie, Ouganda
ECTEL	Agence des télécommunications des Caraïbes orientales, 5 pays
ECO	Bureau européen des communications, 48 pays de la CEPT
CEDEAO* ¹⁶	Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest, 15 pays
AELE	Association européenne de libre échange qui comprend l'Islande, le Liechtenstein et la Suisse
EU, EC ¹⁷	Union européenne et Commission européenne, 28 pays
FRATEL ¹⁸	Réseau des régulateurs francophones, 47 pays

¹² Associação de Reguladores de Comunicações e TELEcomunicações da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa.

¹³ Comité Andino de Autoridades de TELEcomunicaciones.

¹⁴ Conférence Administrative des Postes et Télécommunications des pays d'Expression Française.

¹⁵ COMmission technique régionale des TÉLÉcommuniCations.

¹⁶ Egalement [Assemblée des régulateurs de télécommunications de l'Afrique de l'Ouest](http://www.watra.org) (WATRA) www.trasa.org.bw/.

¹⁷ Communauté européenne; par la suite aussi l'Union européenne (UE).

¹⁸ Réseau FRAncophone de la régulation des TÉLÉcommunications.

TABLEAU 1-2 (*fin*)**Organisations intergouvernementales ayant une influence sur la réglementation des télécommunications**

Nom	Organisations régionales et intergouvernementales
GCC	Conseil de coopération des Etats du Golfe Bureau des télécommunications, Emirats arabes unis, Bahreïn, Arabie saoudite, Oman, Qatar et Koweït
CIPRNI	Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants
IIRSA ¹⁹	Initiative pour l'intégration des infrastructures régionales en Amérique du Sud, 12 pays
MERCOSUR ²⁰	Marché commun de l'Amérique du Sud: Argentine, Brésil, Paraguay, Uruguay, Venezuela et Bolivie (en cours)
NAFTA	Accord de libre-échange nord-américain: Canada, Mexique et Etats-Unis
PITA	Association des télécommunications des îles du Pacifique, entités des télécommunications de Mélanésie, Micronésie, Polynésie, Australie et Nouvelle-Zélande
PTC	Conseil des télécommunications du Pacifique, les membres représentent plus de 60 pays.
SCG	Groupe de coordination du spectre, 5 pays ²¹
UNASUR ²²	Union des nations sud-américaines, 12 pays
CESAP	Commission économique et sociale des Nations Unies pour l'Asie et le Pacifique, 53 pays
OMS	Organisation mondiale de la santé, 193 pays

En parallèle, la conclusion d'accords avec des pays voisins permet de régler des questions d'exploitation, afin de coordonner la mise en place de systèmes de radiocommunication ou d'autres éléments d'intérêt commun. Ces accords peuvent être nécessaires pour résoudre des cas de brouillages transfrontières.

1.6.7.2 Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT)

Le Secteur du développement des télécommunications et le Secteur des radiocommunications de l'UIT, dans le cadre de leurs activités conjointes, prêtent assistance aux pays en développement pour ce qui est des fonctions de gestion nationales du spectre. Cette activité a été instituée en vertu de la Résolution 9 (CMDT-98), révisée à l'occasion de la CMDT-02, de la CMDT-06 et de la CMDT-10. Les résultats de ces activités conjointes ont été communiqués aux dites CMDT et à la CMDT-14 (voir <http://www.itu.int/pub/D-STG-SG02.RES09.1-2014>). La CMDT-14 a par ailleurs révisé la Résolution 9 (voir la partie correspondante du Rapport final de la CMDT-14 à l'adresse: <http://www.itu.int/pub/D-TDC-WTDC-2014>). Un groupe commun de spécialistes de la gestion du spectre provenant aussi bien de pays développés que de pays en développement continue de se réunir régulièrement pour assurer la coordination et la progression de ce programme.

1.6.8 Coopération nationale (liaison et consultation)

Pour être efficace, l'organisme national de gestion du spectre doit pouvoir communiquer et mener des consultations avec les utilisateurs – entreprises, industries des télécommunications, administrations centrales et grand public. Il doit diffuser toutes informations utiles concernant les politiques, règles et pratiques de l'administration et proposer des mécanismes de retour d'information pour l'évaluation des conséquences. Une cellule de liaison assurera les relations avec les médias, publiera des avis destinés au public, organisera des réunions et fera office d'intermédiaire dans la résolution des problèmes de brouillage entre utilisateurs, avec l'appui des cellules de vérification, de contrôle des émissions et d'enquête.

¹⁹ *Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional SudAmericana.*

²⁰ *Mercado Común del Sur.*

²¹ Brunéi, Indonésie, Malaisie, Singapour et Thaïlande.

²² *Unión de Naciones Suramericanas.*

Cette liaison peut prendre la forme de contacts directs informels entre personnes ayant des intérêts en matière de spectre et l'autorité chargée de la gestion du spectre, de contacts officiels par le jeu d'une série de procédures de révision administratives ad hoc, de contacts par voie de représentation dans le cadre de comités consultatifs ou de combinaisons de ces méthodes et d'autres méthodes. Le contact direct avec l'organisme de gestion du spectre rend possible un dialogue efficace et des résultats rapides, mais au prix, parfois, du risque d'exclure un grand nombre de points de vue étant donné que toutes les parties intéressées ne sont pas traitées d'égale manière. Des procédures administratives rigoureuses garantissent un traitement équitable et impartial, mais peuvent être lourdes à appliquer et peu efficaces. Avec les comités consultatifs, il est possible de rassembler différents points de vue et d'obtenir une grande efficacité dans la prise des décisions importantes. Il appartient aux administrations nationales d'établir des procédures avec lesquelles toute personne ou organisation peut demander au gestionnaire du spectre d'apporter des modifications aux règlements relatif au spectre ou de réviser des décisions prises en matière d'assignation ou d'attribution de fréquences. Ceux qui sont touchés par la réglementation disposeront alors d'un moyen pour provoquer le changement et pour vérifier que les gestionnaires du spectre ont bien pris en compte tous les besoins à l'échelle nationale.

1.6.9 Appui à l'ingénierie du spectre

Du fait que la gestion du spectre fait intervenir des décisions spécifiquement techniques, il faut prévoir un appui technique pour évaluer de façon adéquate les informations, les possibilités et les choix pertinents. Certes, diverses considérations d'ordre social et économique interviennent dans la plupart des décisions de gestion du spectre, mais nombre de ces décisions sont prises sur la base d'une analyse des facteurs techniques, de sorte que l'organisme doit comporter une unité spécialisée dans les techniques d'analyse de la compatibilité électromagnétique, dans les nouvelles techniques et les nouvelles fonctionnalités des systèmes, unité qui sera appelée à fournir des évaluations impartiales aux responsables de l'élaboration des politiques et des plans. Les outils disponibles pour l'ingénierie de l'utilisation du spectre sont étudiés dans le Chapitre 5.

1.6.10 Appui informatique

La disponibilité de moyens informatiques et leur utilisation par les services de l'instance de gestion du spectre dépendent des ressources, des priorités et des besoins spécifiques du pays concerné. Les ordinateurs sont des outils essentiels dans la recherche d'efficacité des activités de gestion du spectre, quelle que soit leur portée. L'utilisation de l'informatique n'est pas limitée à la tenue des archives ou aux calculs techniques complexes et devrait couvrir l'ensemble des activités de développement – fourniture – maintenance associées à la gestion du spectre, notamment pour ce qui est de la tenue des archives, de la prévision et de la gestion financière dans le domaine des licences. L'informatisation de la gestion du spectre est traitée plus en détail au Chapitre 7.

1.7 Elaboration de la structure administrative d'un service de gestion du spectre

1.7.1 Observations générales

Les structures administratives d'alignement sur la stratégie commerciale sont généralement plus plates qu'autrefois et suffisamment souples pour permettre le changement tout en rendant possible l'optimisation de la communication entre les différents services opérationnels. L'avenir des organismes de gestion du spectre s'articulera peut-être sur deux types de structures principaux:

- petit organisme de gestion du spectre;
- organisme classique de gestion du spectre.

Dans le premier cas, on considère un organisme de gestion du spectre doté d'un petit effectif permanent de 10 à 15 spécialistes, au service d'un réseau d'utilisateurs évoluant constamment. Les relations de travail sont temporaires et orientées sur les projets; elles dépendent des projets particuliers mis en oeuvre. Dans le second cas, il s'agit d'un organisme «virtuel» dont un exemple est donné à la Figure 1.3.

1.7.2 Gestion décentralisée/centralisée

Une structure de gestion du spectre centralisée (ce qui est le cas pour la majorité des pays) peut présenter divers avantages: efficacité, rendue possible par les économies d'échelle, normalisation des processus et des systèmes dans toute l'organisation, prise de décision au sommet de l'organisation. L'avantage d'une gestion décentralisée, en revanche, est la capacité de gérer les problèmes sur place et de mettre en place des éléments d'incitation réelle susceptibles d'améliorer ou de rendre plus efficaces les activités de l'organisation.

L'amélioration générale du processus de gestion s'obtient avec des décisions stratégiques centralisées et des décisions opérationnelles au jour le jour, locales. La décentralisation est efficace lorsque l'information requise (par exemple, assignations de fréquence) peut être mise à la disposition de tous grâce à une procédure d'information centralisée. Dans certains pays ayant une structure de gestion du spectre centralisée, certains éléments des responsabilités en matière de gestion du spectre sont décentralisés: par exemple tous les éléments concernant les services maritimes sont gérés par un autre organe gouvernemental (ce peut aussi être le cas pour les services aéronautiques et la radiodiffusion).

1.7.3 Approche matricielle de la gestion du spectre

A partir d'une structuration en équipes, orientée sur les projets, il peut être utile d'établir une approche matricielle de la gestion du spectre, dans laquelle les capacités fonctionnelles sont regroupées. L'approche en cinq étapes suivantes est possible:

- Définition des processus et des fonctions.
- Définition des responsabilités et des modalités de travail.
- Repérage, dans l'organigramme, des éléments fonctionnels par lesquels transitent, en quelque sorte, les processus principaux.
- Elaboration de l'infrastructure du travail en équipes.
- Mise en évidence des possibilités d'amélioration de l'efficacité des équipes.

1.7.4 Résumé des principes

Les lignes qui suivent résumant les grands principes, sur la base desquels doit nécessairement reposer la structure d'un organisme national de gestion du spectre:

- *Éléments généraux* – Minimiser le nombre de niveaux de gestion (structure plate). Tous les systèmes de gestion du spectre imposent le recours aux techniques informatiques et à des logiciels évolués. Pour être efficace, l'organisme de gestion du spectre doit reposer sur l'information. Les problèmes de gestion du spectre complexes imposent une gestion reposant sur des équipes de projet.
- *Grandes organisations* – La structure de l'organisation doit être décentralisée lorsque les principaux problèmes se posent à un niveau local différent du point d'implantation de la structure centralisée. Avec une structure décentralisée, les problèmes peuvent être résolus rapidement et de manière efficace. Une approche matricielle enfin peut être utile pour résoudre des problèmes complexes, avec des effectifs relativement réduits.
- *Petites organisations* – Une petite organisation présente l'avantage d'un nombre de niveaux de gestion réduit. Mais les petites organisations ont particulièrement besoin de techniques informatiques et de logiciels évolués et doivent reposer sur l'information. Les problèmes complexes ne doivent pas être confiés à de petites organisations.

1.7.5 Systèmes de gestion du spectre

On trouvera à la Figure 1.1 un diagramme synoptique des relations entre les besoins fonctionnels et les résultats de la gestion du spectre. On suppose ici que l'autorité de gestion du spectre dispose d'effectifs suffisants pour assumer toutes les activités, et que les pouvoirs publics font en sorte que toutes les activités fonctionnelles spécifiées soient exécutées.

Deux questions se posent alors. Tout d'abord, la Loi sur les télécommunications et la réglementation associée nécessitent-elles tous ces besoins fonctionnels? En second lieu, les autorités de gestion du spectre disposent-t-

elles de ressources suffisantes pour affecter le personnel requis pour toutes ces fonctions? Nous prendrons ici trois exemples dont les deux premiers peuvent s'appliquer à de nombreux pays en développement.

Plusieurs méthodes permettent de déterminer les effectifs professionnels requis en fonction des besoins fonctionnels. Les effectifs peuvent être calculés sur la base des besoins fonctionnels, lesquels sont exprimés en fonction de la valeur actuelle de la structure des télécommunications du pays, du nombre de nouvelles licences demandées ou du nombre de fréquences actuellement utilisées et de fréquences requises selon les projections. La méthode la plus simple à utiliser et à comprendre est fondée sur le nombre de fréquences requises. Le Tableau 1-3 précise les intervalles types d'assignations de fréquence correspondant à chacun des trois systèmes de gestion du spectre. Il n'est certes pas possible de définir avec précision les différentes catégories mais ce tableau peut être de quelque utilité dans la planification d'un système de gestion du spectre fonctionnel.

TABLEAU 1-3
Nombre d'assignations de fréquence en fonction de l'importance
de l'organisme de gestion du spectre

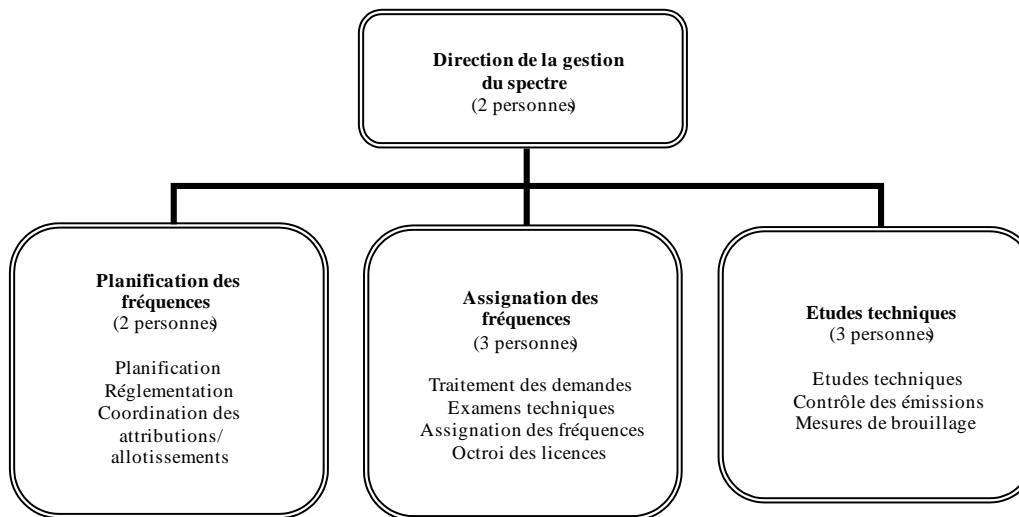
Système de gestion du spectre	Nombre type de mesures, de licences ou d'assignations de fréquence	Effectif estimatif	Observations
Petit	100 à 10 000	5 à 10	
Moyen	10 000 à 100 000	10 à 50	
Important	Plus de 100 000	Plus de 50	Cas type: pays développé, plus de 100 000 assignations de fréquence

Le nombre type des principales mesures prises dépend du nombre des licences/assignations de fréquence traitées par semaine, ou des modifications apportées à tel ou tel paramètre des licences existantes. Le nombre d'employés requis dépend également des connaissances spécialisées, de la formation et du bagage technique des membres du personnel.

Petit organisme de gestion du spectre

Dans un petit organisme de gestion du spectre, responsable de quelques systèmes de télécommunication et de très peu d'assignations de fréquence, il suffit de 5 à 10 employés. Etant donné que les fréquences effectivement utilisées sont probablement plus nombreuses que ne l'indiquent les statistiques, un certain contrôle du spectre est souhaitable. Ce «personnel» est insuffisant pour assumer des fonctions de planification et d'étude technique étendues. Dans ce cas, un système de redevances de licences peut être nécessaire pour élargir le nombre de fonctions. S'il est vrai qu'un système automatisé n'est pas nécessaire, il est souhaitable de tenir une base de données d'archives et de procéder aux études techniques de base.

FIGURE 1.2

Petit organisme de gestion du spectre

Nat.Spec.Man-1.02

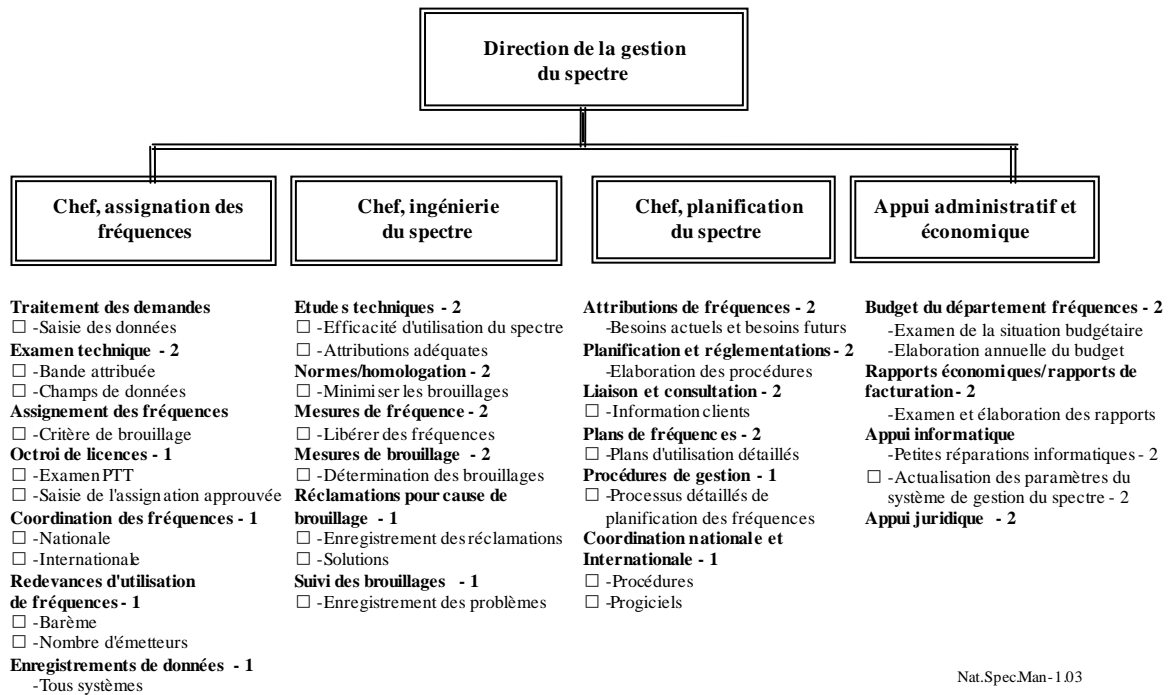
Gestion du spectre de moyenne importance

Un système de gestion du spectre de moyenne importance (10 à 50 personnes) dispose de ressources suffisantes pour assumer toutes les fonctions précédemment décrites. Les fonctions peuvent être structurées de nombreuses manières différentes. L'exemple de la Figure 1.3 repose sur les hypothèses de travail suivantes: enregistrement total d'assignations de fréquence: 75 000; demandes de nouvelles assignations: environ 1 000 par mois. Les fonctions administratives requises par le département de gestion du spectre ne sont pas comprises ici. Selon ce guide, il faudrait dans ce cas environ 50 (75 000/1 500) personnes. La Figure 1.3 résume le tableau des effectifs d'un organisme de gestion du spectre de moyenne importance présentant une structure fonctionnelle efficace. Cette structure comporte quatre divisions:

- La Division de l'assignation des fréquences s'acquitte de ses fonctions sur la base d'analyses faites par le personnel technique à l'aide d'un système sur base SMS4DC évolué. Le processus normal d'assignation ne prévoit pas d'enquête technique détaillée, les analyses détaillées éventuellement requises devant être faites par la Division de l'ingénierie du spectre.
- La Division de l'ingénierie du spectre fait en sorte que les systèmes radioélectriques soient efficaces et efficients. Elle utilise normalement un système informatisé et un système de mesure. Les résultats de l'activité de cette division sont utilisés par la Division de l'assignation des fréquences et la Division de la planification du spectre et aident le Directeur du service pour ce qui est des activités spéciales.
- La Division de la planification des fréquences élabore le plan établi en coordonnant ses activités avec les organismes nationaux appropriés. Pour s'acquitter de sa mission, elle a souvent besoin de l'appui de la Division de l'assignation des fréquences et de la Division de l'ingénierie du spectre.
- La Division de l'administration et de l'appui économique procède au recouvrement des redevances de licence et s'acquitte de diverses fonctions administratives et de planification économique.

FIGURE 1.3

Structure d'un organisme de gestion du spectre de moyenne importance

*Système de gestion du spectre de grande envergure*

Un organisme de gestion du spectre de grande envergure doit aussi assumer les fonctions précédemment décrites. L'effectif d'un tel système est généralement supérieur à 100 personnes, et le nombre total des assignations de fréquence traitées est supérieur à 100 000. Le système nécessite une infrastructure de gestion informatique du spectre évoluée pour les statistiques de tous les services et l'appui analytique et technique pour l'ensemble des gammes de fréquences et des systèmes. Cette structure peut être organisée à l'exemple des systèmes précédemment décrits, par service de radiocommunication ou encore selon une structure matricielle d'après les fonctions principales du service considéré. D'autres structures sont également envisageables.

1.8 Utilisation du cybergouvernement, des systèmes de gestion de la qualité et des modèles d'excellence dans la gestion du spectre

1.8.1 Considérations générales

Le fonctionnement de l'organisation responsable de la gestion du spectre doit être optimal et reposer sur l'efficacité et l'efficience. Pour servir l'intérêt public, les activités liées aux autorisations d'utilisation du spectre et à l'octroi des licences doivent être efficaces et répondre aux attentes des utilisateurs des systèmes de radiocommunication. Ces dernières années, les organisations chargées de la gestion du spectre ont commencé à utiliser de plus en plus des portails en ligne sur lesquels les applications pour l'allotissement et l'assignation des fréquences du spectre peuvent être reçues et traitées entièrement informatiquement. Ces systèmes informatiques font généralement partie des services d'administration publique en ligne et offrent des services de paiement en ligne et d'autres services (factures, autorisations, etc.). Les organisations chargées de la gestion du spectre utilisent les enquêtes de satisfaction des utilisateurs parallèlement à leurs modèles d'excellence (par exemple EFQM) et les mettent en œuvre dans le cadre des systèmes de gestion de la qualité.

1.8.2 Utilisation d'un système de gestion de la qualité (ISO 9001:2008)

Pour que les clients soient toujours satisfaits, les organisations doivent satisfaire leurs besoins. La norme ISO 9001:2008 fournit un cadre éprouvé permettant d'adopter une approche systématique concernant la gestion des processus de l'organisation afin que le produit fourni réponde toujours aux attentes du client.

La famille de normes ISO 9000 représente un consensus international sur de bonnes pratiques de gestion de la qualité. Elle comprend des normes et des lignes directrices relatives aux systèmes de gestion de la qualité ainsi que des normes connexes d'accompagnement.

La norme ISO 9001:2008 fournit une série d'exigences concernant la mise en place d'un système de gestion de la qualité, dans une organisation, quels que soient sa taille et son domaine d'activité, que cette organisation soit publique ou privée. C'est la seule norme de cette famille de normes vis-à-vis de laquelle les organisations peuvent être certifiées, même si la certification n'est pas une obligation dans cette norme.

L'Annexe 3 du présent chapitre donne une description schématique d'un manuel relatif à un système de gestion de la qualité qu'utilise une organisation chargée de la gestion du spectre.

Références bibliographiques

- FCC, Federal Communications Commission, Title 47 Telecommunications. US Code of Federal Regulations, Part O, Organizations.
- MALONE, T.W., SCOTT, M., HALPERIN, M. et RUSSMAN, R., [juillet/août 1996] Organizing for the 21st Century: Research on Effective Organizational Structure for the Future. *Strategy & Leadership*, Vol. 24, 4, p. 6 à 11.
- NTIA, National Telecommunications and Information Administration. U.S. Department of Commerce, NTIA Special Publication 91–23, U.S. Spectrum Management Policy: Agenda for the Future [février 1991].

Textes de l'UIT-R

Règlement des radiocommunications de l'UIT (édition de 2012)

- | | |
|--------------------|---|
| Manuel de l'UIT-R | Contrôle du spectre (édition de 2011) |
| Manuel de l'UIT-R | Application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique (édition de 2015) |
| Rec. UIT-R SM.855 | Systèmes de télécommunication à services multiples |
| Rec. UIT-R SM.1047 | Gestion nationale du spectre |
| Rec. UIT-R SM.1049 | Méthode de gestion du spectre à utiliser pour faciliter le processus d'assignation de fréquence aux services de Terre dans les zones frontalières |
| Rec. UIT-R SM.1131 | Facteurs à prendre en compte lors de l'attribution du spectre des fréquences radioélectriques à l'échelle mondiale |
| Rec. UIT-R SM.1132 | Principes généraux et méthodes de partage des fréquences entre services de radiocommunication ou entre stations radioélectriques |
| Rec. UIT-R SM.1133 | Utilisation du spectre par des services génériques |
| Rec. UIT-R SM.1138 | Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions |
| Rec. UIT-R SM.1265 | Nouvelles méthodes d'attribution des fréquences au niveau national |
| Rec. UIT-R SM.1413 | Dictionnaire de données des radiocommunications aux fins de la notification et de la coordination |
| Rec. UIT-R SM.1603 | Redéploiement du spectre en tant que méthode de gestion nationale du spectre |

ANNEXE 1

DU CHAPITRE 1

La gestion internationale du spectre et l'Union internationale des télécommunications

1 Historique

La coopération internationale dans le domaine des télécommunications commence en 1865, avec la création de l'Union télégraphique internationale à Paris (France). La coopération internationale dans le domaine des radiocommunications commence quant à elle en 1903, avec une Conférence préliminaire des radiocommunications, mais n'existe en tant que telle que depuis la première Conférence radiotélégraphique internationale (Berlin, 1906). Le Tableau des attributions de bandes de fréquences de l'UIT remonte à la première Conférence radiotélégraphique, laquelle a attribué les fréquences comprises entre 500 et 1 000 kHz pour la correspondance publique dans le service maritime, une bande de fréquences (au-dessous de 188 kHz) pour les communications longue distance entre stations côtières et une troisième bande (188-500 kHz) pour les stations non ouvertes à la correspondance publique.

Pour faciliter cette coopération internationale, il a fallu créer des structures et des procédures, et c'est ainsi qu'en 1927 la Conférence de Washington a institué un Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) chargé d'étudier les problèmes des techniques de radiocommunication. Puis, en 1932, un certain nombre de nations réunies à Madrid ont créé une organisation dénommée Union internationale des télécommunications (UIT), régie par une convention internationale des télécommunications complétée par un Règlement télégraphique, un Règlement téléphonique et un Règlement des radiocommunications. En ce qui concerne les radiocommunications, c'est à cette Conférence de Madrid qu'ont eu lieu:

- la subdivision administrative du monde en deux Régions pour ce qui est des attributions de fréquences (Europe et autres régions);
- l'élaboration de deux tableaux techniques (l'un pour les tolérances de fréquence, l'autre pour les largeurs de bande acceptables);
- et enfin la définition de normes d'enregistrement des nouvelles stations d'émission.

En 1947, l'UIT a convoqué une conférence dont l'objet était de développer et de moderniser ses structures. Dans le cadre d'un accord conclu avec l'Organisation des Nations Unies, l'UIT est devenue institution spécialisée de cette organisation le 15 octobre 1947, et il a été décidé à cette occasion que son siège serait transféré à Genève. On trouvera davantage d'informations sur l'histoire de l'UIT à l'adresse: <http://www.itu.int/en/history/Pages/DiscoverITUsHistory.aspx>.

2 Structure organisationnelle

Au niveau le plus élevé, la Conférence de plénipotentiaires se réunit à intervalle de quatre années pour revoir les politiques générales afférentes à la mission de l'UIT: révision de la Constitution et de la Convention en fonction des besoins, définition des bases du budget de l'UIT, fixation d'un plafond budgétaire de dépenses de l'Union; élection du Secrétaire général, du Vice-Secrétaire général, des Etats Membres du Conseil, des Membres du Comité du Règlement des radiocommunications et des Directeurs des trois Secteurs. Le Conseil, composé d'un quart des Etats Membres de l'UIT (48), se réunit chaque année pour trancher les questions budgétaires et de politique générale dans l'intervalle entre deux conférences de plénipotentiaires. Il supervise les fonctions administratives de l'UIT et approuve les plans opérationnels et financiers.

L'UIT comporte trois Secteurs: radiocommunications, normalisation des télécommunications et développement des télécommunications.

Les activités de l'UIT ont une incidence profonde sur l'environnement de gestion du spectre à l'échelle des nations. Il est donc essentiel que les administrations comprennent et connaissent bien ces activités, afin de pouvoir y participer pour faire en sorte que leurs propres intérêts nationaux soient pris en compte.

Le niveau de participation dépend nécessairement du type d'activité, ainsi que des priorités, intérêts et ressources de l'administration concernée.

Les opérations de notification, de coordination et d'enregistrement des fréquences sont des activités essentielles pour les administrations et leurs services de radiocommunication pour bénéficier d'une protection internationale. Cette activité peut être assumée par correspondance avec l'UIT et les autres administrations, ou encore, dans le cas de la coordination des satellites, par voie de négociations bilatérales ou multilatérales.

Le Secteur des radiocommunications et le Bureau des radiocommunications

Le Bureau des radiocommunications (BR) du Secteur des radiocommunications est placé sous la responsabilité d'un Directeur assisté du Secrétariat.

Le Bureau:

- fournit une assistance administrative et technique aux Conférences mondiales ou régionales des radiocommunications, au Comité du Règlement des radiocommunications (RRB), aux Assemblées des radiocommunications et aux Commissions d'études, notamment à leurs groupes de travail et groupes d'action;
- applique les dispositions du RR et des divers accords régionaux;
- consigne et enregistre les assignations et allotissements de fréquence ainsi que les caractéristiques orbitales des stations spatiales, et tient à jour le Fichier de référence international des fréquences;
- fournit aux Etats Membres des avis sur l'utilisation équitable et efficace du spectre des fréquences radioélectriques et des orbites de satellite, étudie les cas de brouillage préjudiciable et fournit une assistance pour résoudre ces affaires;
- coordonne l'élaboration, l'édition et la diffusion des circulaires, documents et publications élaborés par le Secteur, qui lui sont nécessaires pour s'acquitter de ses responsabilités;
- fournit des informations techniques et organise des séminaires sur la gestion nationale des fréquences et les radiocommunications et travaille en étroite collaboration avec le Bureau du développement des télécommunications pour porter assistance aux pays en développement.

Comité du Règlement des radiocommunications

Les douze membres élus du Comité du règlement des radiocommunications (RRB) représentant les cinq (5) régions administratives de l'UIT s'acquittent de leurs responsabilités à temps partiel et se réunissent normalement jusqu'à quatre fois par an à Genève.

Le Comité:

- approuve des Règles de procédure qu'utilise le Bureau des radiocommunications dans l'application du Règlement des radiocommunications et d'enregistrement des assignations de fréquence faites par les Etats Membres;
- examine tout autre problème qui ne peut pas être résolu par l'application des règles de procédure susmentionnées;
- examine les rapports d'enquêtes sur des problèmes de brouillage non résolus effectués par le Bureau à la demande d'une ou de plusieurs administrations, et formule des recommandations;
- fournit des avis aux Conférences des radiocommunications.

Le Directeur du Bureau est le Secrétaire exécutif du Comité du Règlement des radiocommunications.

Conférences mondiales ou régionales des radiocommunications (CMR et CRR)

Conférences mondiales des radiocommunications

Les Conférences mondiales des radiocommunications (CMR) établissent et rédigent le Règlement international des radiocommunications qui régit l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques par les services de radiocommunication. Les Conférences mondiales des radiocommunications (CMR), compte tenu de leurs ordres du jour, peuvent:

- réviser le Règlement des radiocommunications et tout plan d'assignation ou d'allotissement de fréquences associé;
- traiter de toute question de caractère mondial ou régional (au sens de l'UIT) relevant de sa compétence;
- donner des instructions au Comité du Règlement des radiocommunications et au Bureau des radiocommunications, et revoir leurs activités;
- spécifier les questions devant être étudiées par l'Assemblée des radiocommunications et ses Commissions d'études dans le cadre de la préparation des Conférences des radiocommunications successives.

Les CMR sont convoquées normalement tous les trois à quatre ans. L'ordre du jour est fixé par le Conseil sur la base du projet d'ordre du jour tel qu'il a été adopté par la CMR précédente.

Les éventuelles modifications apportées aux attributions internationales peuvent avoir une incidence extrêmement importante sur le fonctionnement des services nationaux. La plupart des administrations, si elles le souhaitent, ont la possibilité de se préparer en vue des CMR en participant aux activités des Groupes de préparation déployées par les organisations régionales (CITEL, CEPT, APT, ASMG, RCC, UAT). Ces groupes régionaux établissent des propositions communes pour chaque point de l'ordre du jour de la CMR, propositions complétées par des informations techniques et réglementaires sur les problèmes de fond associés aux points de l'ordre du jour, pour informer leurs membres et les délégations nationales. Les activités régionales de préparation peuvent faciliter la tâche des administrations disposant de ressources limitées, car elles permettent de partager les résultats des études techniques et réglementaires éventuellement nécessaires.

Bon nombre de pays constituent un groupe de coordination nationale composé de membres représentant à la fois les utilisateurs publics des systèmes de radiocommunication et les utilisateurs privés, dans un souci de large consultation. L'objectif est de définir des positions nationales convenues et de rassembler un certain nombre d'informations de fond correspondant à chaque point de l'ordre du jour de la CMR. Dans de nombreux cas, il suffit que la position nationale soutienne la position régionale correspondante.

Après une CMR, il est nécessaire de prévoir un certain nombre d'activités de suivi pour déterminer comment les résultats de la conférence peuvent être mis en oeuvre à l'échelle nationale. Dans le cadre de la consultation continue, la première étape consiste généralement à publier un rapport des résultats complété par des explications adéquates des incidences prévisibles au niveau des utilisateurs existants et des possibilités de nouveaux services. La seconde étape consistera ensuite à réviser le tableau national des attributions pour tenir compte des modifications convenues à l'échelle mondiale, notamment en ce qui concerne les éventuels délais d'application des modifications.

Conférences régionales des radiocommunications

Les conférences régionales des radiocommunications (CRR) traitent des questions de radiocommunication intéressant une région particulière et des besoins de ses Etats Membres.

Assemblée des radiocommunications

L'Assemblée des radiocommunications (AR) est responsable de la structure, du programme et de l'approbation des études menées dans le domaine des radiocommunications. L'Assemblée:

- approuve les Recommandations et Questions de l'UIT-R définies par les Commissions d'études des radiocommunications;
- définit le programme de travail des commissions d'études, dissout ou crée des Commissions d'études en fonction des besoins.

Les Assemblées des radiocommunications sont normalement convoquées tous les trois à quatre ans et sont, en principe, associées en lieu et date aux CMR.

Groupe consultatif des radiocommunications

Le Groupe consultatif des radiocommunications (GCR) est un élément fonctionnel du Secteur des radiocommunications, aux termes du numéro 84A de la Constitution et des numéros 160A-160I de la Convention de l'UIT. Il lui appartient:

- de revoir les priorités et les stratégies adoptées dans le Secteur;
- de suivre l'évolution des travaux des Commissions d'études;
- de formuler des orientations pour le travail des Commissions d'études; et
- de recommander des mesures pour promouvoir la coopération et la coordination avec d'autres organisations et avec les autres secteurs de l'UIT.

Le GCR fournit par ailleurs des avis au Directeur (BR) et l'Assemblée des radiocommunications peut lui renvoyer les questions spécifiques relevant de son domaine de compétences (CV137A).

Commissions d'études de l'UIT-R

Plusieurs milliers de spécialistes représentant les administrations des télécommunications et d'autres organisations et entités du monde entier participent aux travaux des commissions d'études des radiocommunications au sein desquelles ils:

- rédigent des projets de Recommandation de l'UIT-R sur les caractéristiques techniques des services et systèmes de radiocommunication et sur les procédures opérationnelles qui s'y rapportent;
- élaborent des manuels sur la gestion du spectre et les nouveaux services et systèmes de radiocommunication.

Les projets de Recommandation de l'UIT-R peuvent être approuvés par correspondance ou par la prochaine Assemblée des radiocommunications.

Les six Commissions d'études (CE) actuelles ont respectivement pour domaine de compétence:

- CE 1 Gestion du spectre²³
- CE 3 Propagation des ondes radioélectriques²⁴
- CE 4 Services par satellite²⁵
- CE 5 Services de Terre²⁶
- CE 6 Service de radiodiffusion²⁷
- CE 7 Services scientifiques²⁸

En outre, les Groupes spécialisés suivants relèvent de l'Assemblée des radiocommunications:

- CS Commission spéciale chargée de l'examen des questions réglementaires et de procédure qui, essentiellement, élabore un Rapport à l'intention de la RPC
- CCV Comité de coordination pour le vocabulaire
- RPC Réunion de préparation à la Conférence qui, essentiellement, élabore un Rapport à l'intention de la CMR.

Les Recommandations, Rapports et autres documents élaborés par les Commissions d'études des radiocommunications avec la participation et les contributions des membres et des Associés constituent les bases techniques de la gestion du spectre. En font notamment partie les Recommandations relatives aux critères de partage entre services contenues dans le RR. Chaque Commission d'études comprend un ou plusieurs groupes de travail chargé chacun d'un sous-ensemble de questions relevant de son domaine de compétence et, dans certains cas, des groupes d'action chargés de questions spécifiques et urgentes.

²³ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg1/Pages/default.aspx>.

²⁴ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/default.aspx>.

²⁵ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg4/Pages/default.aspx>.

²⁶ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/Pages/default.aspx>.

²⁷ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg6/Pages/default.aspx>.

²⁸ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg7/Pages/default.aspx>.

Les Commissions d'études et leurs Groupes de travail se réunissent au moins une fois par an, en général au siège de l'UIT à Genève. Les ressources étant limitées, les administrations devront cerner leurs intérêts et les classer par ordre de priorité, afin que leur participation puisse être ciblée avec efficacité sur les activités qui présentent un intérêt national direct.

Réunion de préparation à la Conférence

La réunion de préparation à la Conférence (RPC) débouche sur un rapport consolidé sur les bases techniques, opérationnelles et réglementaires/de procédure d'une CMR.

Les études ayant un caractère technique ou opérationnel sont entreprises par les commissions d'études appropriées. Les questions réglementaires et de procédure peuvent aussi être examinées au sein des commissions d'études et groupes de travail compétents identifiés par la RPC. Elles sont également traitées par une Commission spéciale, si l'AR ou la RPC en ont ainsi décidé et cette commission fonctionne comme une commission d'études.

La RPC actualise et rationalise les éléments fournis par les Commissions d'études et la Commission spéciale, ainsi que toute autre nouvelle contribution.

ANNEXE 2

DU CHAPITRE 1

**Exemple de structure d'un Manuel national de réglementation
et de procédures de gestion du spectre radioélectrique****1 Observations générales**

Tous les utilisateurs du spectre doivent disposer d'un manuel de réglementation et de procédures de gestion du spectre. Un tel manuel a pour objet de fournir aux utilisateurs du spectre des orientations en matière de réglementation et de regrouper les différentes données relatives à la gestion du spectre. Un manuel type comportant 11 chapitres pourrait se présenter comme suit:

- Chapitre 1: Organisation de la gestion du spectre
- Chapitre 2: Autorité d'assignation des fréquences
- Chapitre 3: Objectifs de la gestion nationale du spectre
- Chapitre 4: Accords internationaux
- Chapitre 5: Définitions utilisées dans la gestion du spectre
- Chapitre 6: Attribution des fréquences et plans de disposition des voies
- Chapitre 7: Demandes d'utilisation de fréquence
- Chapitre 8: Procédures d'octroi de licences
- Chapitre 9: Réglementation applicable aux services et applications de radiocommunication spéciaux
- Chapitre 10: Normes applicables aux équipements dépendant du spectre
- Chapitre 11: Applications du contrôle des émissions à la gestion du spectre.

2 Considérations sur le manuel

Le *Chapitre 1* du Manuel décrirait l'infrastructure de gestion du spectre. La gestion du spectre est généralement assurée par une instance de réglementation indépendante, organisation chargée au premier chef de l'assignation des fréquences et de l'octroi des licences. Un organigramme complété par des descriptions devrait être inclus.

Le *Chapitre 2* expose les lois et règlements conférant l'autorité d'assignation de fréquence et d'octroi des licences à l'organisme de réglementation indépendant. Ce Chapitre contiendrait également la Loi sur les télécommunications.

Le *Chapitre 3* traite de la gestion nationale des fréquences dans l'optique des objectifs nationaux d'utilisation des systèmes de télécommunication. Pour que la gestion du spectre puisse prendre en compte de façon efficace les futurs systèmes de télécommunication, la priorité de ces systèmes doit être définie dans le contexte des objectifs nationaux.

Le *Chapitre 4* décrit l'UIT et ses fonctions dans le domaine de la gestion internationale des fréquences, et les activités du Bureau des radiocommunications en particulier. Les accords internationaux concernant l'utilisation des fréquences sont donc véritablement la fondation des attributions et allotissements de fréquences nationaux.

Le *Chapitre 5* regroupe les définitions utilisées par la communauté des spécialistes de la gestion internationale du spectre. Ces définitions des services de radiocommunication, des classes de stations de radiocommunication et des paramètres techniques des stations permettent aux gestionnaires du spectre de communiquer les caractéristiques spécifiques de telle ou telle assignation de fréquence et assurent la compréhension commune des assignations du Fichier de référence international des fréquences de l'UIT.

Le *Chapitre 6* est la partie la plus importante du Manuel. Il traite des attributions internationales et nationales de fréquences et des allotissements et plans de disposition des voies à l'échelle nationale. Le Tableau national des attributions de fréquences doit être le tableau utilisé par l'instance de réglementation indépendante dans la planification des fréquences disponibles. Les bandes qui n'ont pas d'attribution nationale spécifique sont attribuées conformément aux attributions de la région considérée dans le RR. Les dispositions nationales spécifiques sont signalées, comme il convient, à l'aide de renvois relatifs à certains pays. Il existe aussi des renvois internationaux applicables au Tableau national. Les plans de disposition des voies figurent après les bandes de fréquences pour lesquelles de tels plans ont été recommandés. Ces plans doivent être utilisés comme lignes directrices pour l'assignation des fréquences.

Le *Chapitre 7* décrit la procédure de demande d'utilisation d'une assignation de fréquence ou d'autorisation d'utilisation de bande de fréquences spécialisée (par exemple, mobile maritime). Le processus d'assignation des fréquences par l'instance de réglementation indépendante est décrit, et le chapitre comprend un diagramme de flux de la procédure.

Le *Chapitre 8* traite du système d'octroi des licences pour les équipements de radiocommunication utilisés. Avec un système d'octroi de licence, l'instance de réglementation indépendante peut exercer un certain contrôle sur l'importation, l'exportation, la détention et l'utilisation d'équipements de transmission radio. Les opérateurs sont également tenus de détenir une licence dans le service maritime et dans le service amateur. Les divers formulaires de demande et d'octroi de licence sont reproduits dans une annexe du Manuel.

Le *Chapitre 9* rassemble la réglementation applicable à quatre classes spéciales de service de radiocommunication: service d'amateur, services expérimentaux (applications industrielles, scientifiques et médicales) et dispositifs à faible puissance.

Dans toute activité de recherche-développement et dans de nombreux domaines techniques, il est nécessaire d'utiliser des stations de radiocommunication expérimentales. Ces stations n'ont pas de fonctions de communication mais sont nécessaires pour la mise au point des nouveaux systèmes de radiocommunication et pour la recherche scientifique. Dans la plupart des pays, cette catégorie de stations ne fait l'objet d'aucune réglementation en dehors du principe d'«absence de brouillage préjudiciable».

Les équipements industriels, scientifiques et médicaux sont extrêmement divers: appareils de soudure à l'arc stabilisés en fréquence, équipements médicaux diathermiques, instruments chirurgicaux radioélectriques, fours à micro-ondes.

La réglementation des radiocommunications n'établit généralement pas de distinction entre les équipements de radiocommunication normaux et les émetteurs à faible puissance utilisés par exemple dans les télécommandes et les téléphones sans cordon. Dans l'attente d'une révision de la législation, le Manuel devrait spécifier ce que l'on entend par dispositif à faible puissance et définir une politique générale concernant l'utilisation de ces systèmes non visés par l'obligation de licence.

Le *Chapitre 10* exposera les normes appliquées par l'instance de réglementation indépendante pour ce qui est des équipements dépendant du spectre. Ces normes pourront être utilisées comme critères d'essai des équipements de radiocommunication dans les laboratoires homologués et pour la vérification des demandes de licences d'importation (vérification de conformité aux normes).

Le *Chapitre 11* enfin traitera du contrôle des émissions et des politiques adoptées par l'instance de réglementation indépendante concernant l'application du contrôle des émissions à la gestion des fréquences.

ANNEXE 3

DU CHAPITRE 1

Manuel de qualité d'une organisation chargée de la gestion du spectre**1 Portée et finalité****1.1 Considérations générales**

La présente Annexe définit la portée du système de gestion de la qualité du Département des affaires internationales et du spectre au sein de l'Autorité de régulation des télécommunications (dénommée ci-après SIA).

Le manuel régit toutes les activités et tous les processus du système de gestion de la qualité du SIA. Les activités qui concernent le SIA sont l'attribution du spectre, la radiodiffusion, le contrôle du spectre, la stratégie relative au spectre et les affaires internationales.

Exclusions

Le SIA a exclu le § 7.3 (Conception et développement) de la portée de son système de gestion de la qualité car il n'intervient pas dans les activités de conception et/ou de développement ainsi que le paragraphe 7.5.2 étant donné que le SIA n'a pas besoin de validation pour l'un quelconque de ses processus.

1.2 Finalité

Le manuel de qualité a pour objectif de définir la portée du système de gestion de la qualité et de donner des références aux procédures documentées qui ont été fixées pour ce système. Ce manuel décrit également l'interaction entre les divers processus du système de gestion de la qualité.

2 Introduction concernant le SIA

L'Autorité de régulation des télécommunications (TRA) des Emirats arabes unis a été créée en vertu de la Loi fédérale des Emirats arabes unis, par le Décret N° 3 de 2003, tel qu'amendé – Loi sur les télécommunications.

Les objectifs structurels de la TRA découlent de la Loi sur les télécommunications, de son Décret d'application et de la politique nationale des Emirats arabes unis relative aux télécommunications. Ils se résument ainsi: garantir une offre suffisante de services de télécommunication dans l'ensemble des Emirats arabes unis; améliorer ces services tant sur le plan de la qualité que de la diversité, garantir la qualité de service et le respect des clauses des licences par les titulaires; encourager le développement des services de télécommunication et des services informatiques dans le pays; promouvoir et développer le secteur des télécommunications dans le pays en dispensant des formations et en mettant en place des instituts de formation adéquats; régler les éventuels différends entre les opérateurs titulaires de licences; mettre en place et mettre en oeuvre un cadre politique et réglementaire; promouvoir les nouvelles technologies; faire en sorte que les Emirats arabes unis deviennent le pôle régional pour les TIC; valoriser le capital humain du pays et encourager la recherche-développement.

Le Département des affaires internationales et du spectre intervient pour tout ce qui concerne le spectre et les affaires internationales, à savoir la planification, l'attribution des fréquences, la coordination, le contrôle du spectre et la mise en application de la législation pertinente. Le SIA comprend plusieurs unités:

- Stratégie relative au spectre
- Attribution du spectre
- Radiodiffusion
- Contrôle du spectre
- Affaires internationales.

Le SIA est dirigé par un Directeur exécutif chargé des affaires internationales et du spectre. Chaque unité est dirigée par un haut responsable. Le SIA opère depuis Abu Dhabi et depuis Dubaï.

Les principales fonctions de chaque unité sont décrites ci-après:

- **Stratégie relative au spectre** – Réglementer et gérer efficacement le spectre des fréquences radioélectriques qui est une ressource naturelle, nationale et finie, élaborer des instruments de réglementation du spectre (politiques, réglementation, règles, procédures, décrets, résolutions, etc.) afin d'attirer de nouvelles technologies hertziennes sur le marché des Emirats arabes unis.
- **Attribution du spectre** – Autorisation d'utilisation du spectre (attributions et assignations de fréquence) pour tous les utilisateurs des Emirats arabes unis, pour tous les services de radiocommunication, sauf en ce qui concerne les ressources orbitales et la radiodiffusion.
- **Services de radiodiffusion** – Gérer et réglementer tous les services de radiodiffusion, y compris la radiodiffusion sonore, le multimédia et les données ainsi que la télévision par voie hertzienne de Terre, par satellite ou par câble et examiner les questions et projets connexes sur les plans technique et réglementaire.
- **Contrôle du spectre** – Procéder à des contrôles pour vérifier la bonne application de la législation relative au spectre, effectuer des mesures et résoudre les cas de brouillage préjudiciable signalés, faire des études de brouillage et d'autres études.
- **Affaires internationales** – Procéder à la coordination du spectre avec les autres pays, représenter les Emirats arabes unis dans tous les forums internationaux en tant qu'Administration des Emirats arabes unis pour les télécommunications et les TIC, gérer et réglementer les services spatiaux des Emirats arabes unis.

3 Description des processus

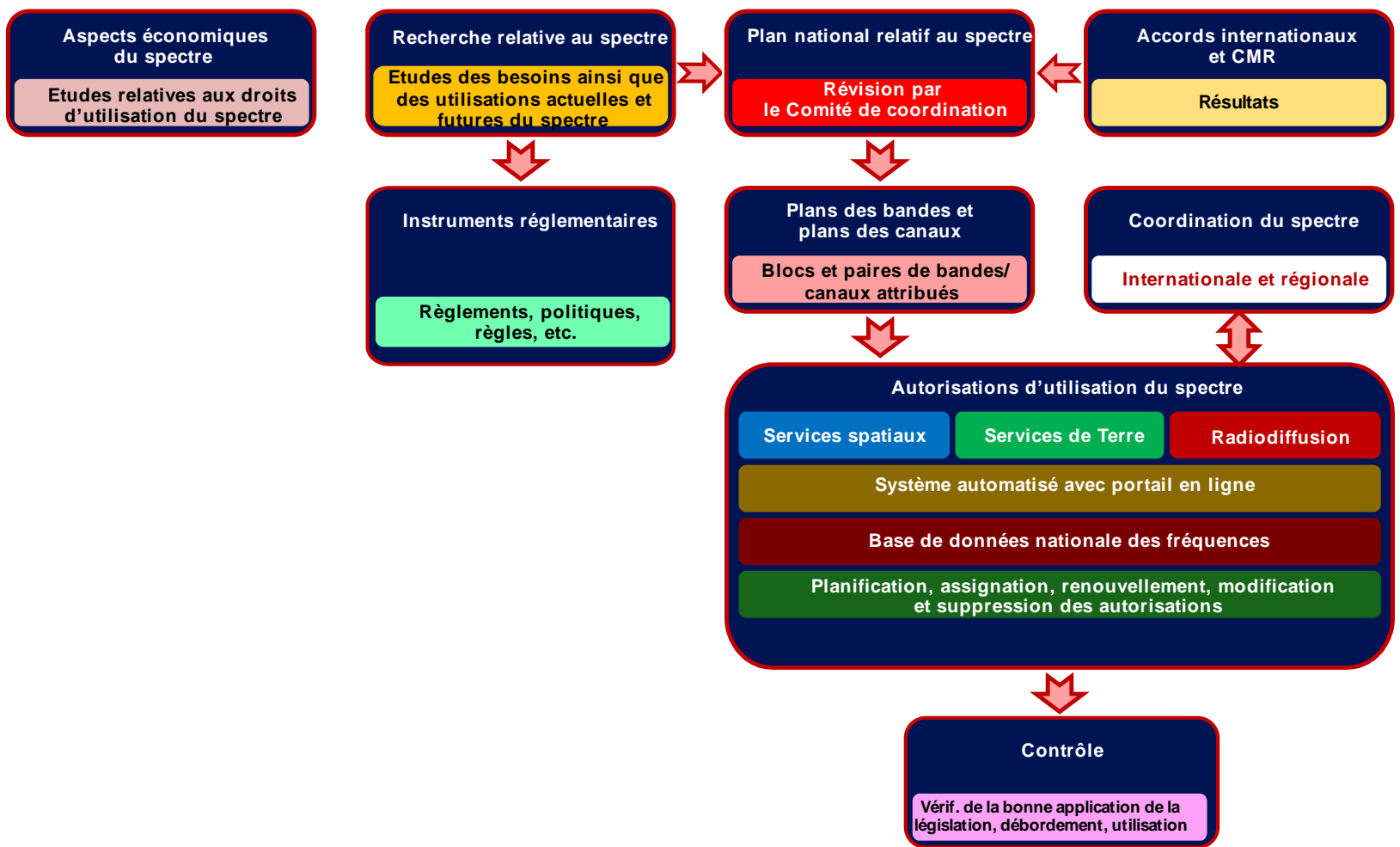
Le SIA a mis en place divers processus pour s'acquitter de toutes les tâches qui lui ont été confiées au sein de la TRA. Le SIA interagit avec les départements de la TRA, des Emirats arabes unis et d'autres entités internationales. La Figure ci-après indique certaines des entités avec lesquelles le SIA interagit.



Nat.Spec.Man-3.Ch1-01

Le SIA tient à jour également une base de données de toutes les autorisations d'utilisation du spectre. Le SIA a conclu une alliance avec un fournisseur pour fournir à ce dernier les outils concernant la gestion d'une base de données relative au spectre. Le SIA a aussi conclu un accord avec trois fournisseurs concernant la fourniture d'outils et d'équipements pour le contrôle du spectre.

Les interactions entre les différentes unités du SIA sont décrites ci-après.



Nat.Spec.Man-3.Ch1-02

4 Systèmes de gestion de la qualité

4.1 Exigences générales

Le SIA a mis en place, exposé et mis en oeuvre un système de gestion de la qualité qu'il tient à jour et améliore sans cesse. Ce système répond aux exigences de la norme ISO 9001:2008. Le SIA a:

- a) défini les divers processus nécessaires pour le système de gestion de la qualité;
- b) déterminé la séquence de ces processus et les interactions entre eux;
- c) déterminé les critères et les méthodes à suivre pour garantir le bon fonctionnement de ces processus et l'efficacité de leur contrôle;
- d) a mis à disposition les informations nécessaires pour assurer le bon fonctionnement et le contrôle de ces processus;
- e) mis en place des mesures pour contrôler et analyser ces processus;
- f) mis en oeuvre les mesures nécessaires pour atteindre les résultats prévus et améliorer sans cesse le système.

Le SIA gère ces processus conformément aux exigences de la norme ISO9001:2008.

4.2 Documentation nécessaire

4.2.1 Considérations générales

Le SIA a élaboré sa propre documentation concernant le système de gestion de la qualité. Cette documentation comprend:

- a) **Manuel sur le système de qualité:** ce manuel est un document de politique générale de première importance qui définit, dans les grandes lignes, la structure et les principes généraux du système de gestion de la qualité. Il décrit l'interaction entre les différents éléments de la norme ISO9001:2008 et le système de gestion de la qualité utilisé par le SIA.

Le Manuel sur le système de qualité est élaboré par le *QCR – SS*, revu par le *QMR* et approuvé par l'*EDSIA*. Des exemplaires contrôlés du Manuel sur le système de qualité sont distribués à toutes les personnes concernées figurant dans la liste apparaissant en page 2 du Manuel.

- b) **Procédures:** les procédures sont les documents de seconde importance relatifs au système de qualité. Elles décrivent en détail comment les exigences figurant dans la norme ISO 9001:2008 ont été prises en compte et mises en oeuvre dans les différentes fonctions de la société. Elles sont élaborées par les différentes unités compétentes, examinées par les responsables des différentes unités et approuvées par l'*EDSIA*. Elles servent de guide d'exploitation pour l'ensemble du personnel concerné et donnent l'assurance que les processus se déroulent de façon contrôlée et systématique. Elles sont communiquées à toutes les personnes concernées figurant dans la liste de distribution qui apparaît en deuxième page de chacune des procédures.
- c) **Relevés de qualité:** les relevés de qualité, qui sont les résultats des activités dans lesquelles intervient le SIA, sont indiqués dans toutes les procédures pertinentes et comprennent des données/informations, par exemple des rapports, des fiches de bord et d'autres documents élaborées dans le cadre des activités de routine qui ont été réalisées.

4.2.2 Manuel sur le système de qualité

L'étendue et les modalités détaillées des exclusions font l'objet du § 1 et le § 3 décrit les interactions entre les différents processus.

4.2.3 Contrôle des documents

L'organisation a mis en place une procédure pour le contrôle des documents utilisés dans son système de gestion de la qualité. Ce contrôle vise à:

- a) faire en sorte que les documents soient validés avant leur publication;
- b) faire en sorte que les documents soient revus, mis à jour si nécessaire et réapprouvés;
- c) faire en sorte que l'état d'avancement de la révision des documents soit identifié;
- d) faire en sorte que les versions pertinentes des documents soient disponibles dans tous les lieux où sont réalisées les activités essentielles au bon fonctionnement du système de qualité;
- e) faire en sorte que les documents restent lisibles, facilement identifiables et consultables;
- f) faire en sorte que les documents applicables (réglementation, notifications, etc.) d'origine extérieure soient identifiés et que leur diffusion soit contrôlée.
- g) faire en sorte que les documents obsolètes soient plus retirés de tous les points de vente ou d'utilisation ou mettre en place un contrôle sous une autre forme pour éviter une utilisation non voulue. Les documents obsolètes conservés à des fins juridiques ou d'archivage sont identifiés comme il convient.

Il est à noter que les exemplaires les plus récemment contrôlés sont conservés auprès du QMR. Tous les exemplaires qui peuvent être téléchargés depuis le serveur et imprimés et qui ne portent aucun tampon sont considérées comme des exemplaires non validés. La procédure de contrôle établie concernant les documents est une procédure interne «Contrôle des documents et des données» TRASIAP21.

4.2.4 Contrôle des relevés

Les relevés de qualité sont tenus à jour et contrôlés afin de prouver que le système de gestion de la qualité respecte les prescriptions et fonctionne bien. Le SIA a mis en place et gère les procédures du système de gestion de la qualité concernant l'identification, le stockage, la consultation, la protection, la durée de conservation et la liquidation des relevés de qualité. La procédure de contrôle établie concernant les documents est une procédure interne «Contrôle des documents et des données» TRASIAP21.

5 Responsabilité de la direction

5.1 Engagement de la direction

La direction du SIA donne plus que jamais la priorité à la qualité et elle est déterminée à développer et améliorer le système de gestion de la qualité. Pour ce faire, elle:

- a) indique à toutes les unités du SIA combien il est important de répondre aux attentes des clients et de satisfaire les exigences réglementaires et juridiques;
- b) met en place une politique de qualité et fixe des objectifs de qualité pour chaque unité tout en veillant à leur mise en oeuvre efficace;
- c) réalise des examens de gestion et veille à ce que les critères de qualité soient revus tous les 6 mois; et
- d) veille à ce que les ressources nécessaires soient disponibles afin de faciliter la mise en oeuvre et la maintenance du système de gestion de la qualité.

5.2 Privilégier le client

Le SIA cherche constamment à promouvoir les dernières avancées technologiques dans le domaine des télécommunications en participant activement aux travaux de l'UIT et à d'autres forums nationaux et internationaux. La haute direction du SIA veille à ce que le SIA soit réactif et anticipe les demandes actuelles et futures de ses clients.

5.3 Politique relative à la qualité

Le SIA a mis en place une politique relative à la qualité, qu'elle fait connaître, dans le cadre de séances de sensibilisation, de formations dispensées en arabe et en anglais dans les bureaux appropriés. Cette politique est revue au moins une fois par an lors de réunions d'examen avec la direction afin de s'assurer qu'elle conserve toute sa pertinence.

La politique relative à la qualité est exposée dans les pages qui suivent à des fins de référence. L'exemplaire original de cette politique est conservé auprès du QMR.

«POLITIQUE RELATIVE À LA QUALITÉ (Spectre et Affaires internationales)

Le Département Spectre et Affaires internationales auprès de l'Autorité de régulation des télécommunications des Emirats arabes unis s'est engagé à appliquer les normes de qualité les plus élevées pour les services qu'il fournit à ses clients et partenaires en utilisant des systèmes évolués d'assignation, d'attribution, de contrôle et de coordination des assignations de fréquence, conformément aux bonnes pratiques internationales dans le domaine de la gestion du spectre

Le Département s'est aussi engagé à protéger les intérêts, du point de vue des Emirats arabes unis, de ses clients et de ses partenaires, de manière efficace et efficiente lors des forums régionaux et internationaux sur les TIC.»

5.4 Planification

5.4.1 Objectifs de qualité

Le SIA a fixé des objectifs de qualité pour toutes ses unités. Ils sont définis en termes mesurables et basés sur les indicateurs fondamentaux de performance fixés pour chaque unité. Ils sont revus périodiquement, tels qu'ils sont définis dans la matrice des objectifs de qualité et sont conformes à la politique relative à la qualité ainsi qu'à l'engagement pris d'améliorer sans cesse les produits et de respecter les exigences les concernant.

5.4.2 Planification du système de gestion de la qualité

Le SIA dispose de différents outils de planification qui intègrent les objectifs de qualité fixés par la haute direction. La participation du SIA à divers forums nationaux et internationaux facilite aussi la planification des diverses activités qu'il entreprend au sein de la TRA.

5.5 Responsabilité, autorité et communication

5.5.1 Responsabilité et autorité

Le SIA est l'un des départements de la TRA responsables des services en ce qui concerne le spectre et les affaires internationales. Au sein de la TRA, l'unité Capital humain qui relève du département des services d'appui est chargée de définir les rôles et responsabilités associés à chaque poste. Les procédures propres au système de qualité, à travers les processus, décrivent les responsabilités du personnel au regard des diverses exigences du système de qualité. Le diagramme organisationnel est reproduit ci-après à des fins de référence. L'exemplaire original de la politique relative à la qualité est conservé auprès du QMR.

5.5.2 Représentation de la direction

L'EDSIA a nommé le Haut responsable pour la stratégie relative au spectre, Représentant de la gestion de la qualité (QMR) lequel, en plus d'autres responsabilités, est investi d'une responsabilité et d'une autorité bien définies en ce qui concerne le système de gestion de la qualité, notamment:

- a) faire en sorte que les processus du système de gestion de la qualité soient mis en place et maintenus conformément aux exigences de la norme ISO 9001:2008;
- b) rendre compte à la haute direction de la qualité de fonctionnement du système de gestion de la qualité, y compris des améliorations à apporter;
- c) sensibiliser davantage l'ensemble de l'organisation aux besoins des clients.
- d) assurer la liaison avec des entités extérieures pour les questions concernant le système de gestion de la qualité.

5.5.3 Communication interne

Le SIA a mis en place une communication interne entre les différents niveaux et les différentes fonctions. Toutes les fonctions concernées disposent d'une adresse de courrier électronique individuelle et d'un équipement de communication interne approprié. En outre, des ordinateurs de bureau et des portables ont été fournis à tous les responsables et à tous les niveaux. L'EDSIA interagit également régulièrement avec les cadres supérieurs ainsi qu'avec d'autres membres du personnel pour que la communication soit fluide. Des réunions de départements se tiennent chaque fois que cela est nécessaire pour informer l'ensemble du personnel de la planification et de l'exécution des diverses stratégies formulées par la haute direction.

5.6 Examen par la direction

Le SIA examine régulièrement le système de gestion de la qualité. Ces examens auront lieu au moins une fois tous les six mois et permettent de garantir la pertinence, l'adéquation et l'efficacité du système de qualité dans son intégralité. Dans le cadre de ces examens, le SIA évalue s'il faut apporter des modifications au système ainsi qu'à la politique et aux objectifs de qualité. L'ordre du jour de ces réunions d'examen est communiqué au moins une semaine avant la tenue de la réunion.

Les points suivants au moins sont examinés:

- a) les résultats des rapports d'audit interne et externe;
- b) les informations en retour des clients, y compris les éventuelles plaintes devant être examinées au cours de la réunion;
- c) les résultats obtenus en ce qui concerne les processus et la conformité des produits;
- d) la situation en ce qui concerne les mesures préventives et correctives;
- e) les mesures de suivi découlant d'examens précédents par la haute direction;
- f) les modifications qui pourraient avoir une incidence sur le système de gestion de la qualité;
- g) l'examen de la politique et des objectifs de qualité;
- h) les recommandations en vue d'améliorations.

L'examen par la direction permettra d'étayer les décisions qui seront prises au cours de la réunion d'examen, d'attribuer les responsabilités et de définir un calendrier pour la mise en oeuvre de ces décisions. Un procès-verbal est dressé pour chacune des réunions d'examen.

6 Gestion des ressources

6.1 Fourniture des ressources

A la lumière des examens par la direction et d'autres contrôles, la haute direction examine quelles sont les ressources nécessaires et veille à ce qu'elles soient mises à disposition en temps voulu. Dans chaque unité du SIA, un représentant en charge de la qualité est désigné. Etant donné que le SIA fait partie intégrante de la TRA, les relations avec la clientèle sont gérées par le département de la communication institutionnelle mais les données concernant la communication avec les clients sont conservées auprès de l'EDSIA.

6.2 Ressources humaines

6.2.1 Considérations générales

La gestion des ressources humaines est considérée comme l'un des processus les plus importants du système de gestion de la qualité. Au sein de la TRA, l'unité Capital humain veille essentiellement à ce que les compétences demandées soient respectées. Les données concernant les compétences et la formation de chaque employé sont conservées auprès de l'unité Capital humain.

6.2.2 Compétences, formation et sensibilisation

Le SIA, qui fait partie de la TRA, n'intervient pas directement dans tous les processus liés à la formation, à la sensibilisation et aux compétences. Etant donné que la TRA relève du Gouvernement des Emirats arabes unis

et que l'unité Capital humain donne la préférence aux citoyens des Emirats arabes unis, les émiratis sont recrutés sur la base de leur niveau d'instruction et se voient offrir par la suite une formation en cours d'emploi afin d'acquérir les compétences nécessaires.

Au sein du SIA les compétences nécessaires pour les différents emplois sont définies par l'EDSIA et, si nécessaire, en consultation avec les cadres supérieurs concernés. Les besoins de formation sont évalués à la fin ou au début de chaque année et communiqués à l'EDSIA qui les traite ultérieurement. Tous les besoins de formation sont regroupés dans un programme de formation. Les informations obtenues en retour en fin de formation sont communiquées au personnel dispensant les formations. L'évaluation des éventuelles incidences de la formation sur les performances de l'employé se fait dans le cadre des rapports personnels annuels.

6.3 Infrastructures

Le SIA est doté par la TRA de toutes les infrastructures nécessaires pour s'acquitter efficacement des tâches qui lui ont été confiées. Le SIA opère depuis Abu Dhabi et depuis Dubaï. Un espace de travail approprié lui a été dévolu dans des bâtiments bien conçus. Les équipements fournis sont notamment des ordinateurs de bureau, différents outils de travail, des bureaux, des bureaux paysagers pour tous les employés. Si de nouvelles infrastructures sont nécessaires, l'EDSIA en réfère au département Administration de la TRA. Etant donné que l'un des principaux rôles du SIA est la gestion du spectre, un système de gestion du spectre a été fourni pour traiter les cas concrets. Le fournisseur du système effectue des mises à jour et une maintenance régulières. Une bonne gestion du spectre passe essentiellement par un bon contrôle du spectre. Un système de contrôle du spectre a été fourni pour traiter les cas de vérification d'utilisation du spectre. La maintenance du contrôle du spectre s'effectue selon une procédure interne intitulée «procédure de maintenance pour le système de contrôle du spectre» (TRASIAP05).

6.4 Environnement de travail

Un bon environnement de travail est un des facteurs importants qui influe sur la capacité d'une organisation à gérer le système de qualité. A cet égard, le SIA veille à maintenir sur le lieu de travail un environnement sain, sûr et propice. Le SIA a défini et gère l'environnement de travail nécessaire pour garantir le respect des spécifications des produits. Cela inclut les conditions de travail raisonnables (bruit, température, etc.).

7 Réalisation des produits

7.1 Planification de la réalisation des produits

Le SIA intervient dans diverses activités en lien avec la gestion du spectre et les affaires internationales. Le SIA est en outre subdivisé en cinq unités, à savoir:

- Stratégie relative au spectre
- Attribution du spectre
- Radiodiffusion
- Affaires internationales; et
- Contrôle du spectre.

L'unité Affaires internationales interagit avec les entités internationales pour ce qui est du spectre et communique les besoins aux unités chargées de la stratégie relative au spectre, de l'attribution du spectre et de la radiodiffusion ainsi qu'à l'EDSIA. Il peut y avoir une coordination avec d'autres entités des Emirats arabes unis ainsi qu'au niveau régional et avec d'autres départements de la TRA.

L'unité Attribution du spectre assure la fourniture du service aux clients du SIA dans la mesure où elle délivre les autorisations d'utilisation du spectre. L'unité Contrôle du spectre est chargée de résoudre dans les meilleurs délais tous les problèmes des clients du SIA concernant le contrôle du spectre.

Toutes les dispositions prévues sont planifiées comme suit:

- a) des objectifs de qualité sont fixés pour chaque unité en fonction de leurs processus;

- b) des activités de vérification, de validation, de contrôle, d'inspection et de test sont prévues concernant les demandes de spectre et le contrôle du spectre;
- c) relevés de traitement des demandes de spectre et de contrôle du spectre parallèlement aux dossiers des autres unités;

Des dispositions sont prévues dans le cadre des procédures internes pour effectuer les vérifications requises des demandes de spectre et d'autres contrôles.

7.2 Processus liés aux clients

7.2.1 Détermination des exigences concernant le produit

Le SIA reçoit des demandes d'autorisation d'utilisation du spectre via le système en ligne SPECTRA. Le Département du contrôle du spectre peut recevoir toutes les plaintes éventuelles de brouillage ou avoir à connaître de tout autre problème par n'importe quel moyen de communication. Les exigences liées à toute autorisation d'utilisation du spectre sont déterminées via le système SPECTRA plus dans le cadre de la procédure interne de «Traitement des demandes, analyse technique et assignation des fréquences» (TRASIAP01). Le contrôle du spectre se fait dans le cadre de la procédure interne «Traitement des plaintes de brouillage et contrôle du spectre» (TRASIAP04) et de la procédure «Vérification de la bonne application de la législation relative au spectre» (TRASIAP07). Pour la radiodiffusion, la procédure interne d'«Analyse de la BR IFIC» (TRASIAP03) indique les exigences en ce qui concerne l'analyse de la BR IFIC. La BR IFIC est également analysée par l'unité Affaires internationales et, par conséquent, les exigences de la BR IFIC concernant les affaires internationales sont également mentionnées dans la procédure TRASIAP03. L'unité Affaires internationales est également chargée de la coordination internationale et régionale et l'unité interagit avec diverses entités internationales. Une procédure interne a été élaborée pour la «Préparation des réunions internationales» (TRASIAP02). L'unité chargée de la stratégie relative au spectre participe à l'élaboration des outils règlementaires dans le cadre de la procédure «Préparation, coordination, approbation, publication et examen par le SIA des outils règlementaires» (TRASIAP06).

7.2.2 Examen des exigences concernant les produits

Le SIA passe en revue les exigences concernant les produits. Cet examen a lieu avant la délivrance des autorisations d'utilisation du spectre aux utilisateurs. Les objectifs sont les suivants:

- a) les besoins de fréquences du spectre sont clairement définis;
- b) les approbations nécessaires sont obtenues auprès des personnes compétentes.

Les résultats des examens et les mesures de suivi qui en découlent sont consignés. On veille à ce que les paramètres des autorisations d'utilisation du spectre soient modifiés pour tenir compte des résultats de l'examen. Dans le cas où des modifications interviennent dans le processus d'examen, le personnel concerné du SIA en est informé.

7.2.3 Communication avec les clients

Le SIA est un département au sein de la TRA et il y a au sein de la TRA une unité de la communication institutionnelle chargée de la communication avec l'ensemble des clients. Le SIA n'est pas en liaison directe avec ses clients mais des dossiers concernant les communications avec les clients, notamment pour les demandes d'utilisation du spectre, les problèmes de brouillage et les informations en retour, sont conservés auprès du bureau de l'EDSIA. L'EDSIA tient un registre des communications avec les clients reçues par l'unité de la communication institutionnelle et les transmet ensuite à l'unité concernée; il en assure également le suivi pour faire en sorte qu'une réponse soit donnée dans les meilleurs délais.

7.3 Conception et développement

Le SIA, en tant que département, n'intervient pas dans les activités de conception et de développement; par conséquent, ce paragraphe ne concerne pas le système de gestion de la qualité.

7.4 Achats

Le SIA n'exerce aucun contrôle direct sur le choix des fournisseurs mais il joue toutefois un rôle de premier plan dans le choix des fournisseurs, ce qui suppose également des interactions avec d'autres départements de la TRA. Le SIA a deux principaux fournisseurs dont les prestations influent directement sur sa capacité à s'acquitter des tâches qui lui ont été confiées. LS Telcom, TCI, Rohde & Schwarz et ASCOM Network Testing sont les fournisseurs respectivement pour le système de gestion du spectre et le système de contrôle du spectre. LS Telcom, TCI, Rohde & Schwarz et ASCOM Network Testing sont évalués à intervalles réguliers et les résultats de ces évaluations sont communiqués aux fournisseurs. La procédure interne pour le «Choix des fournisseurs et procédure d'évaluation» (TRASIAP26) précise en détail le processus.

7.5 Production et fourniture des services

7.5.1 Contrôle de la production et de la fourniture des services

Le SIA a mené à bien ses tâches de manière planifiée en suivant les processus et les procédures appropriés. Les spécifications concernant les autorisations d'utilisation du spectre sont gérés par le système de gestion du spectre. Des systèmes modernes de contrôle du spectre sont utilisés pour contrôler l'utilisation du spectre et vérifier la bonne application de la législation en la matière.

7.5.2 Validation des processus

Le SIA n'a pas besoin de valider les processus qu'il met en oeuvre et par conséquent la validation n'entre pas dans le cadre du système de gestion de la qualité.

7.5.3 Identification et traçabilité

Toutes les autorisations d'utilisation du spectre ont un numéro d'identification unique qui permet de retracer le cheminement depuis la demande d'utilisation du spectre jusqu'à la délivrance finale de l'autorisation. Les dossiers correspondants sont stockés dans le système de gestion du spectre.

7.5.4 Informations reçues des clients

Le SIA a classé toutes les informations reçues des clients dans le cadre de demandes d'utilisation du spectre comme propriété du client et il ne communique pas ces informations et interdit que ces informations soient communiquées à des personnes non autorisées.

Le SIA verse les informations concernant les clients dans la base de données qui est tenue à jour à distance par le Centre d'hébergement de données.

7.5.5 Préservation du produit

Le SIA veille à ce que toutes les autorisations d'utilisation du spectre soient traitées de façon adéquate, identifiées et conditionnées de façon appropriée afin d'éviter tout dommage lors de la remise.

7.6 Surveillance des dispositifs de mesure et de contrôle

Le SIA utilise un système de contrôle du spectre pour effectuer des contrôles en différents endroits sur le territoire des Emirats arabes unis. TCI a fourni un système de contrôle du spectre à étalonnage automatique, ce qui fait qu'aucun étalonnage n'est nécessaire. Le manuel d'exploitation et le manuel de maintenance précisent toutes les étapes à suivre pour que le système de contrôle du spectre fonctionne conformément aux spécifications.

8 Mesures, analyse et amélioration

8.1 Observations générales

Le SIA utilise un système de suggestions et de plaintes parallèlement aux indicateurs fondamentaux de performance, pour chaque unité, afin de contrôler, de mesurer, d'analyser et ultérieurement d'améliorer les processus.

8.2 Mesures et contrôle

8.2.1 Satisfaction des clients

Le SIA a défini et mis en place un processus de contrôle des informations concernant la satisfaction ou la non-satisfaction du client afin d'évaluer s'il a atteint ses objectifs en ce qui concerne ses clients. Un questionnaire sur le service clientèle a été élaboré; il est utilisé pour déterminer la satisfaction des clients. L'enquête de satisfaction est réalisée au moins une fois tous les ans. Les résultats de cette enquête sont analysés et examinés lors de la réunion d'examen avec la direction. Le SIA a élaboré une procédure interne pour le «Traitement des plaintes des clients et les informations en retour» (TRASIAP25) qui donne des détails utiles pour la réalisation d'une enquête de satisfaction des clients.

8.2.2 Audit interne

Le processus d'audit interne fait office d'outil de gestion pour une évaluation indépendante d'un processus ou d'une activité donné(e).

Le SIA a mis en place une procédure interne pour un «Audit de qualité interne» (TRASIAP22). Il programme un audit à la fin de chaque année. Il dispose d'auditeurs internes compétents pour effectuer lesdits audits internes. A l'issue de chaque audit est établi un rapport d'audit succinct contenant des conclusions.

Les conclusions sont classées comme suit:

- conclusions positives
- observations
- cas de non-conformité.

Les résultats de l'audit de qualité interne sont présentés lors de la réunion d'examen avec la direction.

8.2.3 Mesure et contrôle des processus

Le SIA applique des méthodes appropriées pour mesurer et contrôler les processus nécessaires pour satisfaire les besoins des clients et démontrer que les processus continuent de répondre à leur finalité. En cas de non-conformité avec le résultat attendu, des mesures correctives sont prises pour garantir la conformité du produit selon la procédure exposée au paragraphe 8.3.

8.2.4 Mesure et contrôle du produit (§ 8.2.4 de la norme ISO 9001:2008)

Le SIA applique des méthodes appropriées pour les mesures et le contrôle des autorisations d'utilisation du spectre. Ces autorisations sont délivrées une fois obtenues les approbations nécessaires et sont transmises à l'unité chargée du contrôle du spectre, à des fins de référence. Si nécessaire, il existe aussi des processus permettant de garantir que les autorisations d'utilisation du spectre seront délivrées sous réserve qu'il n'y ait pas de brouillage. Les éléments de preuve attestant de la mise en oeuvre des mesures nécessaires et du contrôle de la conformité avec les critères d'homologation qui ont été utilisés sont conservés.

8.3 Contrôle des produits non conformes

Le SIA veille à ce que les produits non conformes aux exigences soient contrôlés afin d'éviter toute utilisation ou remise abusive. Les contrôles et les responsabilités y afférentes ainsi que les autorités chargés des produits non conformes sont définis et exposés dans la procédure interne «Contrôle de la non-conformité d'un service» (TRASIAP23).

8.4 Analyse des données

Le SIA collecte et analyse les données appropriées pour évaluer l'adéquation et l'efficacité du système de gestion de la qualité et pour déterminer les domaines à améliorer en permanence, notamment les données fournies dans le cadre des activités de mesure et de contrôle ou provenant d'autres sources. Les décisions concrètes sont basées sur une utilisation efficace et efficiente des techniques statistiques appropriées.

L'analyse des données fournit des informations sur:

- a) la satisfaction ou la non-satisfaction des clients;
- b) les caractéristiques des processus et des produits et les évolutions en la matière.

8.5 Améliorations

8.5.1 Améliorations permanentes

Le SIA s'efforce en permanence d'améliorer l'efficacité du système de gestion de la qualité en se fondant sur une politique de qualité, des objectifs de qualité, les résultats des audits, l'analyse des données, les mesures correctives et préventives et l'examen par la direction. Les objectifs de qualité sont revus à chaque réunion avec la direction, l'accent étant mis sur l'amélioration des résultats des différentes unités.

8.5.2 et 8.5.3 Mesures correctives et mesures préventives

Le SIA fait en sorte de prendre des mesures correctives et préventives pour éliminer les causes de non-conformité afin d'éviter qu'elles ne se reproduisent. L'étendue des mesures correctives dépend de l'ampleur des conséquences des problèmes rencontrés.

Tout employé peut demander qu'une mesure corrective/préventive soit prise. Les plaintes des clients sont traitées comme des cas de non-conformité et une demande de mesure corrective/préventive doit être présentée.

Le SIA a exposé le processus applicable pour la prise de mesures correctives ou préventives dans la procédure interne «Mesures correctives et préventives» (TRASIAP24).

CHAPITRE 2

Planification du spectre**Table des matières**

	<i>Page</i>
2.1	Introduction..... 49
2.2	Importance de la planification..... 50
2.2.1	Avantages de la planification et coûts 50
2.2.2	Définitions de la planification du spectre 52
2.3	Processus de planification..... 52
2.3.1	Etablissement d'objectifs en matière de planification du spectre 53
2.3.2	Eléments pouvant être pris en considération 54
2.3.3	Disponibilité en ressources spectrales 57
2.3.4	Options de planification..... 57
2.3.5	Mise en oeuvre du processus 57
2.3.6	Le processus itératif..... 57
2.3.7	Plan pour faciliter la planification de l'utilisation du spectre. 58
2.4	L'approche consultative 59
2.4.1	Recherche des besoins futurs en matière de spectre/services 59
2.4.2	Interactions internes/externes des groupes représentatifs..... 60
2.5	L'approche analytique 60
2.6	L'approche «scénario» 61
2.7	Tendances d'utilisation..... 62
2.8	Autres approches..... 62
2.9	Planification et réexamen du système de gestion du spectre 63
2.10	Mise en oeuvre de la planification 64
2.10.1	Planification à court terme (entre trois et cinq ans)..... 64
2.10.2	Planification à long terme (entre cinq et dix ans)..... 65
2.10.3	Planification stratégique 68
2.11	Aspects techniques concernant le processus de planification du spectre..... 69
2.11.1	Planification de l'utilisation du spectre pour les services existants et les services futurs..... 69
2.11.2	Autres solutions technologiques..... 69
2.11.3	Réserver des fréquences pour les évolutions futures 69

	Page
2.11.4 Libérer des fréquences et réaménager le spectre	71
2.11.5 Utilisation efficace des nouvelles technologies pour améliorer la réutilisation des fréquences.....	72
2.11.6 Subdivision des canaux	72
2.11.7 Chevauchement des services et partage des bandes de fréquences	72
2.11.8 Utilisation du spectre non utilisé	73
2.11.9 Considérations particulières	73
2.11.10 Concentration de population et encombrement du spectre.....	73
2.12 Amélioration du système de planification de la gestion du spectre	74
2.13 L'organisme administratif ou de gestion	74
Bibliographie	75

2.1 Introduction

Tout travail de planification vise à organiser et à orienter une réflexion et des actions dans le but de réaliser efficacement et de façon performante des objectifs prescrits ou acceptés. Ce travail est important pour n'importe quel pays (et revêt une importance particulière pour les pays en développement) qui souhaite entreprendre ou améliorer un processus de gestion nationale du spectre.

Un plan vise à promouvoir une action plutôt qu'une réaction. Il peut être applicable pendant une période déterminée ou pour un événement dont les limites dans le temps sont bien définies; il peut s'agir aussi d'un texte à caractère permanent qui est mis à jour périodiquement pour tenir compte de l'évolution de la politique générale suivie ou des événements qui se produisent. Un plan peut être exprimé oralement ou par écrit; il peut être de nature générale ou particulière; chacune de ces formules possède ses avantages et ses inconvénients propres. Un plan écrit est recommandé.

La planification est un processus qui doit précéder la conduite de toute activité, si l'on veut que celle-ci soit efficace et performante, que ce soit dans le secteur privé ou dans le secteur public. Lorsqu'on pratique la résolution immédiate des problèmes ou la résolution d'une situation de «crise», cela signifie généralement que les meilleures solutions ne sont plus disponibles. Il en va de même dans la planification du spectre. Pour les solutions optimales, il faut mettre en oeuvre la prospective, avec des délais suffisants pour pouvoir étudier tous les facteurs qui entrent en jeu. S'agissant de la planification, en revanche, il faut mettre en place des processus pour pouvoir mener à bien cette planification et il faut s'en tenir à ces processus; en effet, des situations de crise peuvent toujours détourner l'attention des tâches à long terme. La planification à court terme et la planification à long terme sont absolument nécessaires pour la gestion du spectre parce qu'elles répondent aux besoins de spectre, qui sont un phénomène évolutif de nature dynamique.

Pour la gestion et l'utilisation du spectre radioélectrique on a besoin d'une planification qui oriente les travaux et assure la cohésion, si l'on veut que la ressource du spectre électromagnétique serve de façon adéquate les objectifs nationaux. La planification du spectre est le processus qui consiste à fixer des objectifs futurs pour la gestion du spectre, complété par les mesures à prendre pour atteindre ces objectifs. Elle définit par conséquent le cadre à l'intérieur duquel le spectre radioélectrique est mis en oeuvre pour répondre à des besoins en évolution constante et à l'intérieur duquel le système de gestion du spectre est développé et perfectionné. La planification facilite la prise de décisions en posant la base de l'examen et de l'évaluation des mesures prises. Elle doit confirmer et suivre les grandes orientations et les besoins fondamentaux des utilisateurs du spectre, actuels et futurs.

La planification de la gestion du spectre a pour objectif de faire bénéficier les utilisateurs d'un traitement optimum, grâce aux mesures suivantes:

- élaboration et mise en oeuvre d'une organisation efficace de la gestion du spectre;
- élaboration et applications des politiques, règles particulières et règlements relatifs au spectre;
- mise en place de capacités performantes pour la gestion du spectre, en vue d'une utilisation efficace et rationnelle;
- attribution de portions de spectre aux services de radiocommunication; et
- organisation, structuration et autorisation de systèmes ou de services spécifiques.

Supposons, par exemple, que les besoins en matière de spectre pour les services mobiles soient destinés à augmenter au cours des cinq ou dix années à venir; dans le processus de gestion du spectre, on devra essayer de prévoir cette évolution et veiller à ce qu'une largeur de spectre adéquate soit attribuée aux services mobiles pour pouvoir répondre à ces besoins. Si l'on veut atteindre cet objectif, il est essentiel que des capacités d'analyse, des procédures de coordination et des bases de données soient mises en place pour permettre l'entrée en service des systèmes mobiles. Il faut prévoir un certain délai pour prendre des mesures de cet ordre. Parallèlement, compte tenu de la difficulté qu'il y a de définir des portions de spectre supplémentaires qui seront disponibles à l'avenir, les concepteurs d'équipement sont obligés de produire des équipements plus performants susceptibles de répondre aux besoins de communication tout en utilisant une portion de spectre moins importante que celle qu'utilise la technologie existante.

Le plan de fréquences, dans sa structure essentielle, la plus fondamentale mais aussi la plus réputée est le Tableau d'attribution des bandes de fréquences. Le Tableau national est établi à partir du Tableau international et indique parfaitement les efforts déployés pour structurer le spectre de manière à répondre aux besoins futurs.

Alors que le Tableau *international* d'attribution des bandes de fréquences est l'aboutissement d'un processus visant à identifier les besoins futurs, fixer l'ordre du jour des conférences, entamer des études, des négociations et des accords, les plans *nationaux* des Etats Membres de l'UIT alimentent ce processus et débouchent sur l'établissement des points futurs de l'ordre du jour, l'étude des questions de partage et des propositions d'attributions assorties d'une réglementation. Le plan national s'inspire ensuite des accords internationaux pour réviser ou mettre en oeuvre le plan national par le biais du tableau national d'attribution des fréquences et ses règlements associés.

Le présent Chapitre traite des sujets suivants: la planification du spectre, son importance, les définitions s'y rapportant, l'établissement des objectifs de planification, le processus de planification proprement dit, y compris les techniques à appliquer et, enfin, les sources de données servant de base à la planification.

2.2 Importance de la planification

Les applications du spectre ont une importance capitale lorsqu'il s'agit de stimuler la croissance économique, le bien-être des citoyens et la participation à la communauté internationale. Par ailleurs, l'utilisation des radiocommunications s'intensifie et se diversifie rapidement et, compte tenu des propriétés de la propagation radio-électrique aux fréquences élevées, il n'est pas possible de satisfaire nombre de nouveaux besoins dans ces bandes de fréquences. Dans bien des cas, les gestionnaires du spectre ont recours à des solutions techniques de plus en plus complexes pour permettre l'emploi de fréquences et d'emplacements adjacents ou se chevauchant; ces solutions imposent des contraintes accrues à la structure de la gestion du spectre et au personnel qui assure cette gestion. Dans certains cas, la mise en oeuvre d'utilisations nouvelles oblige à transférer ou à redéployer des opérations existantes, souvent à un coût élevé. Les compromis nécessaires sont indiqués dans le présent Chapitre.

Le spectre est une ressource extrêmement souple et si l'on dispose d'un délai suffisant pour la prise de décisions, il est possible de satisfaire les besoins nouveaux. Là où l'on peut prévoir et reconnaître des incompatibilités dans l'utilisation du spectre, il devrait être possible de trouver des solutions rentables économiquement, tout en continuant à favoriser le développement des communications. Pour trouver de telles solutions, il est indispensable de mettre au point, au moment opportun, des outils perfectionnés pour la gestion du spectre. En règle générale, le développement ou l'achat d'équipements de communication exige des engagements de longue durée, en raison du prix et de la complexité de ces équipements. La conséquence est la suivante: les plans de gestion du spectre et les décisions se rapportant au spectre resteront en vigueur pendant de longues années; les demandes de certains utilisateurs seront satisfaites, d'autres pourront être retardées, ou les risques de brouillages augmenteront pour des utilisateurs existants, parallèlement à la recherche de solutions techniques ou administratives. En précisant bien les objectifs stratégiques nationaux, on pourrait définir, à l'intention des utilisateurs du spectre et des constructeurs d'équipements, un cadre à l'intérieur duquel il serait possible d'appliquer avec succès la technologie du spectre dans les années futures.

Une planification de bonne qualité est essentielle si l'on veut obtenir le maximum d'avantages économiques et sociaux grâce à la mise en oeuvre des systèmes de radiocommunication. La planification du spectre peut stimuler le développement des radiocommunications et l'importance de la planification augmentera en même temps que les demandes de spectre, et à mesure que le travail de gestion s'orientera vers la prévention des brouillages et l'identification des portions de spectre capables de satisfaire des besoins croissants.

Dans tous les secteurs de ces travaux, les gestionnaires ont tendance à s'intéresser surtout aux problèmes immédiats. On oublie souvent la planification lorsque l'attention se porte sur les problèmes d'actualité. On pourrait penser que la planification peut toujours être différée. Et pourtant, il est presque certain qu'elle sera nécessaire dans un système de gestion du spectre ayant la qualité requise pour favoriser la croissance économique et répondre aux besoins actuels. Qu'il soit privé ou public, pratiquement aucun secteur d'activité ne peut progresser sans y avoir recours.

2.2.1 Avantages de la planification et coûts

Toute activité de planification doit viser à l'obtention d'avantages maximaux, en préparant l'avenir ou en indiquant de quoi sera fait cet avenir. Si, faute d'avoir défini une orientation, on se trouve dans une situation chaotique, ou si l'on est obligé de changer d'orientation rapidement ou fréquemment, il faudra s'attendre à subir des coûts élevés, des pertes de temps et des occasions perdues. Le déplacement des équipements d'une bande pour laquelle ils ont été conçus, dans une autre bande (redéploiement ou réaménagement des bandes de fréquences) peut d'une part,

se révéler extrêmement coûteux mais peut, d'autre part s'avérer rentable, s'il est bien planifié et permettre l'application anticipée de technologies du spectre meilleures et plus efficaces. Des services inefficaces, en proie aux brouillages et mal planifiés sont de nature à ralentir la croissance économique et à compromettre le développement. Des retards dans la mise en oeuvre d'un système, faute d'une largeur de spectre disponible ou faute d'un plan de réglementation adéquat, peuvent causer des pertes importantes pour les promoteurs du système et réduire les bénéfices pouvant être procurés par son exploitation.

Comme pour toute tâche à accomplir, la mise à disposition de ressources pour la tâche de planification entraînera des dépenses. Celles-ci sont afférentes aux activités suivantes: collecte, analyse et tenue à jour d'informations, consultation des utilisateurs et des représentants internationaux, coordination des positions, établissement de plans et négociation d'accords. Cependant, le principal argument avancé contre la planification à long terme du spectre n'est pas la dépense entraînée par cette fonction, mais l'argument suivant: l'utilisation du spectre et la technologie y afférente sont des processus tellement dynamiques que les seules décisions pouvant être prises sont de type réactif ou des décisions devant être adoptées «à chaud». Dans ces conditions – toujours selon cet argument – la planification sera inévitablement imparfaite et les plans erronés ainsi établis seront générateurs de surcoûts. On peut aussi soutenir que la gestion du spectre a bien fonctionné sans projections à long terme et que des projections inexactes peuvent conduire à attribuer des fréquences à des services qui ne se développent pas comme cela avait été prévu (en raison de difficultés d'ordre technique ou économique). De telles attributions sont théoriquement réversibles, mais il peut être difficile de les modifier dès lors qu'un certain niveau de service a été mis en place et que les fournisseurs de services ainsi que leurs clients ont consenti des investissements pour l'achat de matériel.

Les perspectives de la planification sont plus problématiques lorsqu'on passe du court terme au long terme, mais le refus de planifier n'est pas une solution satisfaisante. Ce refus de planifier risque d'avoir une conséquence dommageable: l'obligation de déplacer à brève échéance des utilisations préexistantes, opération qui est plus coûteuse. Dans les cas où de nouvelles utilisations et de nouveaux services ne sont pas adaptables à des fréquences plus élevées (c'est-à-dire dans des portions du spectre qui restent disponibles et qui le seront encore pour quelque temps), il se pourrait bien que les gestionnaires du spectre n'aient pas le choix: il leur faudrait faire de la place pour ces innovations en déplaçant des utilisations et des services préexistants qui ne sont pas sujets à des limitations en fréquence. Les contraintes de transfert d'utilisation préexistantes pourraient être particulièrement fortes si les nouvelles utilisations semblent présenter un grand intérêt et sont de nature à accélérer le développement des services et la croissance économique. Ces critères de décision peuvent constituer un danger pour de nombreux utilisateurs et pour les investissements en cause si les gestionnaires du spectre ne prévoient pas un préavis suffisant pour le redéploiement. En pareil cas, la mise en oeuvre des nouveaux systèmes se trouvera retardée.

Autre argument avancé contre la planification: il est préférable de prendre des décisions avec des préavis courts car on dispose alors d'une plus grande quantité d'information. Cela sous-entend que les gestionnaires du spectre ne sont pas capables d'actualiser les plans lorsque des informations plus fiables deviennent disponibles – alors que, en fait, tout processus de planification, surtout à long terme, doit être assorti d'un échéancier de réexamen et de révision à intervalles réguliers.

Les plans ne sont d'aucune utilité s'ils deviennent empreints de rigidité et de dogmatisme. Dans une discipline dynamique comme la gestion du spectre, les plans ne doivent pas déboucher sur des décisions irréversibles qui gèlent tel ou tel résultat; ils doivent s'étendre sur une longue période et tracer un cheminement permettant d'atteindre les objectifs de la gestion du spectre. Tout travail de planification à long terme doit prévoir un processus de révision dans lequel les gestionnaires procéderont régulièrement à un réexamen des plans en tenant compte de l'évolution intervenue.

Les gestionnaires du spectre doivent veiller scrupuleusement à ne pas interférer avec les initiatives des opérateurs et des constructeurs de matériel. Ce n'est pas aux gestionnaires, mais aux utilisateurs du spectre et aux fournisseurs d'équipements, qu'il appartient de déterminer les produits et les services devant être offerts pour l'utilisation du spectre. En revanche, les gestionnaires conservent la responsabilité de planifier de nouvelles utilisations de la ressource spectre, qui est un bien public; la planification devrait viser davantage à améliorer la gestion et l'utilisation plutôt qu'à élargir un pouvoir de réglementation. Dans les plans relatifs au spectre, certains aspects de l'utilisation et de la gestion pourraient faire l'objet de mesures de politique générale, alors que d'autres aspects sont justiciables de mesures plus spécifiques. Des méthodes plus souples dans la gestion du spectre sont de nature à favoriser l'innovation et les réorientations, mais il faut prévoir une planification même pour les

méthodes propres à fournir cette souplesse. Par exemple, il y a intérêt, dans le cadre de la planification du spectre, à prendre davantage en compte les principes du marché et la souplesse d'action des utilisateurs dans le processus de gestion du spectre.

2.2.2 Définitions de la planification du spectre

Pour bien comprendre la planification du spectre, il faut se mettre d'accord sur la terminologie. La planification peut être catégorisée en fonction du temps (court terme, long terme et stratégique) et en fonction des domaines considérés (utilisation du spectre et systèmes de gestion du spectre). Toutes les définitions du Tableau 2-1 sont données pour les besoins de la présente analyse. Une terminologie similaire pourrait avoir une application différente dans d'autres domaines.

Pour la planification des services ou des réseaux, la meilleure solution est de s'en remettre aux opérateurs de ces services ou réseaux. Ce type de planification ne sera donc pas traité dans ce Manuel.

TABLEAU 2-1

Définitions

Planification à court terme	Planification dans laquelle on prend en compte des problèmes à résoudre ou des systèmes à mettre en oeuvre dans un délai de 3 à 5 ans
Planification à long terme	Planification dans laquelle on prend en compte des problèmes à résoudre ou des systèmes à mettre en oeuvre dans un délai de 5 à 10 ans
Planification stratégique	Planification consistant à identifier un nombre limité de problèmes clés qui exigent des actions concentrées de gestion du spectre sur des solutions qui ne nécessitent pas plus de 10 ans pour être mises en oeuvre
Planification de l'utilisation du spectre	Planification portant sur des problèmes qui se rapportent à l'utilisation du spectre: par exemple, attribution et assignation de fréquence, normes, etc.
Planification du système de gestion du spectre	Planification faisant appel à des techniques de gestion du spectre, à des méthodes d'analyse, à l'organisation, aux ressources disponibles, à la mise en oeuvre de moyens informatiques, etc.
Planification des services ou des réseaux	Planification portant sur les caractéristiques et le fonctionnement de systèmes spécifiques

2.3 Processus de planification

Le processus de planification du spectre s'étend aux actions ou décisions de gestion du spectre qui influent directement sur les modalités d'utilisation de ce spectre. Il s'agit entre autres des attributions de fréquences, des politiques suivies, des allotissements, des règles d'assignation et des normes. Les mesures prises dans chacun de ces domaines déterminent la manière dont les bandes de fréquences seront utilisées, la manière dont les services radioélectriques sont mis en oeuvre et, dans certains cas, quelles techniques seront acceptées ou encore si les forces du marché décideront à elles seules des technologies dominantes. Le Tableau national d'attribution des bandes de fréquences constitue le plan de base pour l'utilisation du spectre. Les autres actions de planification forment des sous-ensembles de ce cadre.

L'attribution, l'allotissement et l'assignation de portions du spectre ainsi que la fixation de normes relatives au spectre sont des éléments fondamentaux de la gestion du spectre. Les plans visant à rendre compte de l'utilisation évolutive du spectre et à mettre en pratique cette utilisation peuvent faciliter grandement la mise en oeuvre des services consommateurs de spectre et concourir au développement national. Les plans relatifs à l'utilisation du spectre doivent prendre en compte les facteurs suivants: les grandes mutations intervenant dans l'utilisation, les technologies nouvelles, les nouveaux services non encore prévus dans le Tableau d'attribution en vigueur, les projets des utilisateurs pour modifier l'utilisation, l'encombrement prévisible dans certaines bandes de fréquences ou dans certains emplacements et, enfin, les modifications potentielles apportées aux plans d'attribution ou d'allotissement pouvant résulter d'une CMR.

La portée d'un plan d'utilisation du spectre peut être limitée par plusieurs paramètres: sa période d'application, la gamme de fréquences ou les services envisagés, ou encore être limitée par un autre problème spécifique. En règle générale, les plans à long terme s'appliquent à des domaines plus variés et plus vastes ou tiennent compte des résultats d'une CMR. L'information prise en considération dans la planification de l'utilisation du spectre

doit inclure des données concernant l'utilisation actuelle, les attributions, les assignations et les technologies, les conditions requises pour l'utilisation future ainsi que le spectre disponible. Pour avoir une utilité, l'analyse des conditions requises pour l'utilisation doit permettre d'évaluer les facteurs à caractère économique et politique, c'est-à-dire des facteurs non techniques. La sélection des plans est facile dans les cas où les solutions techniques permettent de satisfaire à tous les critères économiques et politiques. Plus souvent, il faudra envisager tous les compromis imaginables, à savoir d'ordre politique, juridique, économique, social, écologique et technique. Il faudra adopter des décisions finales et élaborer des plans qui aideront l'administration à réaliser ses objectifs. En général, ces plans sont présentés sous la forme de nouvelles attributions, politiques, clauses et réglementations applicables au niveau national. Il arrive souvent que des plans assortis d'un calendrier de mise en oeuvre soient présentés. De tels plans, qui ne sont pas exécutés intégralement en une seule fois, sont susceptibles d'être révisés à l'avenir. On trouvera au Tableau 2-2 une liste de facteurs qui peuvent influencer sur la planification du spectre.

2.3.1 Etablissement d'objectifs en matière de planification du spectre

La définition et l'établissement d'objectifs en matière de planification du spectre font nécessairement partie du processus de planification. Pour ce faire, il faut voir comment on peut optimiser l'utilisation du spectre radioélectrique. A cet effet, il faut tenir compte du développement potentiel des services radioélectriques existants ainsi que de l'introduction et du développement des nouveaux services et des nouvelles applications. De plus, il faut prendre en compte les modifications apportées à l'utilisation du spectre par les industries, les entreprises, les pouvoirs publics mais aussi par le public en général. Il est indispensable de définir et d'établir des objectifs qui tiendront compte des apports des organismes publics aux niveaux local et national, des industries concernées (grandes ou petites) et de différents intérêts qui se trouvent dispersés sur le plan géographique. Il convient d'évaluer les processus et éléments actuels de la planification nationale du spectre pour en déterminer les points forts et les points faibles tels qu'ils sont perçus par l'industrie et par les pouvoirs publics. Les résultats de cette évaluation serviront de base à l'établissement des objectifs de planification du spectre.

TABLEAU 2-2

Facteurs susceptibles d'influer sur la planification du spectre

Facteurs politiques et juridiques	Facteurs sociaux et facteurs écologiques
Loi nationale sur les radiocommunications Réglementation Liste internationale des fréquences attribuées (UIT) Organismes régionaux de gestion des fréquences Procédures nationales d'attribution des fréquences Procédures de gestion des fréquences des administrations voisines Politique de normalisation Infrastructure des télécommunications Facteurs industriels Consultation des utilisateurs Sécurité et sûreté publique	Changements de la demande à la suite de changements de la structure sociale Changements de la demande à la suite de changements des heures travaillées par jour et par carrière Acceptation publique des applications hertziennes Pollution électromagnétique et brouillages radiofréquence Répulsion du public pour les grandes structures d'antenne et la prolifération des sites Débris dans l'espace

TABLEAU 2-2 (fin)

Facteurs susceptibles d'influer sur la planification du spectre

Facteurs économiques	Facteurs techniques
Mondialisation Développement économique global Structure des prix et des tarifs pour les équipements et les services Besoins du marché et questions de commercialisation Procédures et pratiques utilisées par les fournisseurs de services Adjudication du spectre ou droits d'utilisation du spectre Répercussion économique des nouveaux services et des nouvelles technologies	Mobilité des utilisateurs Technologies de base Microélectronique Traitement du signal Traitement des données dans les télécommunications Composants d'équipement Alimentation Accumulateurs Supports de communication Techniques de codage (de source et de canal) et de modulation Techniques d'accès aux canaux et modes d'émission Techniques d'étalement du spectre Techniques de réception en diversité, par exemple: diversité temporelle, fréquentielle, spatiale Conception ou optimisation des antennes Diversité commutative d'antennes, par exemple, antennes directives ou adaptatives Réduction du niveau des lobes latéraux des diagrammes d'antenne

2.3.2 Eléments pouvant être pris en considération

La planification du spectre, si l'on se réfère aux différentes définitions de la planification, peut permettre de déterminer l'importance des besoins futurs existant au niveau national en matière de spectre pour les services radioélectriques, compte tenu des facteurs d'ordre technologique, juridique, social, écologique, politique et économique qui peuvent tous avoir une influence sur l'utilisation du spectre. En vue de satisfaire les besoins en matière d'utilisation du spectre, les gestionnaires doivent tout d'abord recenser les exigences actuelles et futures²⁹ ainsi que le spectre disponible, avant de pouvoir déterminer la meilleure méthode pour donner suite à ces exigences. Il faut que les gestionnaires possèdent des informations adéquates pour pouvoir faire une analyse qui servira de base aux évaluations et aux décisions de planification. Le recensement des exigences futures doit être effectué en temps voulu, afin de faciliter, le cas échéant, une redistribution nécessaire (y compris le redéploiement) du spectre et de ses attributs. Avant de pouvoir envisager une gestion efficace du spectre, il faut faire l'inventaire des utilisateurs et identifier les ressources disponibles en matière de spectre. Ces ressources dépendent des facteurs suivants:

- nombre d'utilisateurs du spectre (c'est-à-dire, le nombre d'assignations de fréquence accordées ainsi que le nombre de stations radioélectriques);
- caractéristiques pertinentes des stations radioélectriques;
- répartition géographique des stations radioélectriques avec un degré constant de précision;
- influence possible des stations radioélectriques entre elles.

Fichier national des fréquences

Cette information est généralement tirée du Fichier national des fréquences mais elle peut être complétée par l'apport d'informations émanant d'autres sources comme le Fichier international d'enregistrement des fréquences de l'UIT, le contrôle national des émissions, les dossiers d'inspection, etc., et être intégrée aux

²⁹ Le terme «exigences» est un terme général qui recouvre les besoins actuels et futurs en matière de spectre. Il inclut les notions suivantes: capacités requises, systèmes et caractéristiques des systèmes et, enfin, fréquences associées.

données ainsi obtenues. Une base de données des valeurs calculées des indicateurs d'utilisation du spectre pourrait constituer une ressource supplémentaire importante. Selon le type de planification considérée, la base de données sur l'utilisation du spectre pourrait s'avérer utile à différents égards.

Les fichiers nationaux qui décrivent l'utilisation du spectre devraient servir de base pour évaluer l'utilisation actuelle. Si l'on veut pouvoir prendre des décisions propres à influencer sur les utilisateurs, il faut que le fichier fournisse une quantité suffisante d'informations techniques et d'informations de gestion. Un fichier donnant seulement la fréquence, le nom de l'utilisateur et l'emplacement ne remplit pas cette condition pour l'étude de la plupart des problèmes qui se posent. Des informations relatives à la fonction accomplie par l'équipement, aux dépenses entraînées par la mise en oeuvre d'un système, ainsi que des caractéristiques techniques détaillées, sont souvent des éléments essentiels pour la prise de décision. Dans les cas où une utilisation internationale doit être envisagée, il pourra être nécessaire d'associer au fichier national la Circulaire internationale d'information sur les fréquences (BR IFIC).

Contrôle des émissions

Pour compléter les données des fichiers nationaux, il est possible d'utiliser l'information fournie par le contrôle du spectre, concernant l'utilisation effective des fréquences. Ce contrôle, effectué au moyen de mesures d'occupation du spectre, permet aux gestionnaires de confirmer le niveau effectif d'utilisation, tel qu'il ressort des dossiers d'assignation, ou de fournir des informations dans les cas où il n'existe pas de fichier.

Pour évaluer le niveau d'utilisation, il faut tenir compte du type de service. Certains utilisateurs des services publics posent des problèmes particuliers pour ce qui est des mesures à effectuer. Par exemple, si l'on considère le rôle des agences gouvernementales dans les services d'urgence ou de défense, des mesures portant sur l'utilisation journalière seront peut-être impuissantes à décrire les besoins de spectre correspondants. Il faut donc être prudent lorsqu'on cherche à évaluer l'utilisation du spectre par les méthodes du contrôle des émissions; il y a lieu de soumettre les résultats à un examen critique en les comparant à d'autres informations relatives aux utilisations prévues (voir le Chapitre 4).

Echange d'informations avec d'autres administrations

Les résultats des travaux de planification influent fréquemment sur des utilisateurs du spectre qui opèrent au-delà des frontières nationales. En pareils cas, ces travaux doivent prévoir la coordination des informations et des plans à l'étude avec les pays voisins ou avec l'ensemble de la communauté internationale. Les informations pouvant être fournies par les autres administrations sont de nature variable. Dans certains cas, il est difficile d'obtenir des informations adéquates si celles-ci sont classées secrètes.

Enquêtes générales de consultation

L'agence nationale de gestion du spectre peut aussi recueillir des informations en procédant à des enquêtes dans le cadre de la procédure générale de consultation. Les enquêtes publiques permettent de rassembler des données très variées sur des sujets particuliers tels que les gammes de fréquences et la fourniture des services radioélectriques. On peut procéder de diverses manières pour faire une enquête: processus ouvert dans lequel l'information est recueillie sur requête écrite ouverte au public ou par voie d'exposés oraux présentés à une réunion; ou processus plus restrictif, consistant à interroger directement des groupes spécifiés. Ces groupes peuvent être des comités permanents ou des groupes constitués à seule fin de répondre à l'enquête. Dans un cas comme dans l'autre, il faudra, dans le cadre de l'enquête, poser des questions se rapportant aux problèmes de fond sur lesquels porte la décision de planification qu'il s'agit de prendre.

Utilisation future du spectre

Dans tout plan d'utilisation du spectre, il faut tenir compte des utilisations futures, tant au niveau national qu'au niveau international. De toute évidence, il est impossible de trouver cette information dans les fichiers d'assignation, ou dans les résultats du contrôle des émissions, même si les nouvelles informations fournies par l'une ou l'autre source ou le contrôle des utilisations expérimentales peuvent constituer des informations complémentaires permettant d'élaborer des estimations.

Tendances internationales

Beaucoup de systèmes de radiocommunication sont mis en oeuvre à l'échelle mondiale, raison pour laquelle les tendances internationales peuvent avoir une influence déterminante sur les plans relatifs à l'utilisation future. Considérons le cas d'un équipement très largement utilisé; il serait illogique qu'un pays s'avise d'établir des règles – par exemple, mise en place d'un plan de répartition des canaux – si le seul équipement disponible se construit selon des normes différentes. Pour déterminer quelles sont ces tendances, on peut consulter des publications spécialisées, questionner directement les entreprises ou les représentants officiels d'autres pays ou encore participer aux travaux des commissions d'études de l'UIT-R et aux conférences mondiales des radiocommunications.

Prévisions de l'utilisation du spectre

Il existe un autre moyen par lequel on peut essayer de connaître les conditions futures de l'utilisation du spectre; ce moyen consiste à faire des prévisions d'utilisation. La prévision peut être définie comme l'ensemble des processus et des méthodes permettant d'estimer les besoins en matière de spectre en se fondant sur des projections. La prévision peut consister à prédire l'application de nouvelles technologies ou de nouvelles tendances dans la demande de spectre, et à estimer leur impact. Les gestionnaires du spectre peuvent faire ces prévisions sur la base de méthodes empiriques et d'appréciations documentées.

La plupart des travaux de planification font intervenir une estimation concernant le futur. Dès lors, le gestionnaire du spectre doit choisir: les prévisions sont-elles explicites et bien structurées, ou implicites et fondées sur des hypothèses non formulées et non démontrées? Même ceux qui sont sceptiques sur le chapitre des prévisions formelles énoncent nécessairement des appréciations à caractère prédictif basées sur des techniques de nature implicite et non structurées. Parmi les avantages des méthodes structurées, on peut citer les suivants: ces méthodes peuvent être enseignées et leurs résultats sont reproductibles. Par ailleurs, avec ces méthodes, les hypothèses et les données sur lesquelles on s'appuie sont formulées clairement et les méthodes analytiques employées sont ouvertes aux réexamens. De ce fait, les limitations et les réserves applicables à ces prévisions sont plus faciles à comprendre. Les mutations technologiques rapides et imprévisibles sont souvent invoquées comme raisons de ne pas faire des prévisions de l'utilisation du spectre. Or, il est rare que les grandes percées technologiques se produisent sans qu'on en soit averti et, en règle générale, les grandes mutations se font par étapes.

La planification du spectre pourrait faire appel à trois sources primaires d'information de prévision: les contributions d'experts, l'analyse des tendances et le suivi technologique. Ces sources se trouvent à la disposition de la plupart des administrations. La méthode des contributions d'experts consiste à demander des prévisions à des experts du domaine des radiocommunications. Plus le groupe est étoffé et plus l'approche est contrôlée, meilleure sera l'information transmise en retour. Les réponses fournies par les experts seront essentiellement intuitives, mais les avis compétents de ces personnes permettent de bien comprendre les activités futures pour ce qui est du spectre. Le plus souvent, la méthode d'analyse des tendances consiste à extrapoler empiriquement des résultats du passé dans le futur. Cette méthode est spécialement utile lorsqu'on étudie l'accroissement des assignations de fréquence dans une zone donnée et que l'on essaie de prévoir à quel moment une action devra être entreprise pour empêcher l'encombrement du spectre. Il est possible de spécifier des tendances empiriques à partir d'autres données, telles que les caractéristiques techniques des équipements, la largeur de bande par exemple. Dans certaines bandes de fréquences attribuées au service mobile terrestre, la largeur de bande de fonctionnement des équipements a diminué progressivement et à plusieurs reprises à la suite des innovations techniques. On peut prendre en compte le rythme de cette diminution dans le temps lorsqu'on cherche à déterminer si une portion de spectre supplémentaire est nécessaire pour répondre à des besoins croissants. S'il demeure possible de réduire les largeurs de bande ou d'appliquer des techniques de modulation plus efficaces, il ne sera peut-être pas nécessaire d'attribuer à cet effet des portions de spectre supplémentaires. La méthode du suivi des perfectionnements techniques peut donner une idée des conditions futures. Les technologies en cours d'élaboration à l'heure actuelle seront probablement commercialisées dans quelques années. En suivant ces évolutions dans les publications spécialisées et à l'occasion de colloques, en restant en contact avec les administrations qui réalisent les perfectionnements, les gestionnaires du spectre pourraient déterminer les répercussions de ces perfectionnements sur l'utilisation nationale du spectre.

Pour adapter les méthodes de prévision à la gestion du spectre, il faut définir avec soin l'étendue des responsabilités du gestionnaire en matière de prévision. D'une façon générale, les gestionnaires du spectre ne développent pas une technologie de la communication; de ce fait, leur rôle premier a été de répondre aux

besoins actuels et futurs des utilisateurs, afin de gérer le spectre de manière telle que son utilisation soit optimisée à long terme, cela dans l'intérêt national. Dans ces conditions, il convient que les prévisions soient basées en grande partie sur une analyse des prévisions que les utilisateurs font eux-mêmes des besoins de spectre. Cette façon de procéder est évidemment utile et, en fait, elle est nécessaire en pratique; cependant, il y a des risques à accepter les prévisions des utilisateurs car elles peuvent souvent être exagérées dans le but d'obtenir une plus grande part de la ressource. Les prévisions des utilisateurs visent forcément à favoriser ceux qui les ont établies; les gestionnaires du spectre devront se fier uniquement à celles de ces prévisions qui sont accompagnées d'une description des méthodes de prévision et des hypothèses faites, et ils devront étudier les erreurs possibles desdites prévisions.

Pour rendre leurs prévisions plus utiles, les gestionnaires peuvent ajouter leurs propres concepts de prévision aux contributions des utilisateurs. Il ne serait sans doute pas raisonnable que les gestionnaires fassent des prévisions de croissance pour les utilisateurs; toutefois, l'accumulation des estimations faites par ces derniers, ajustée en fonction des évaluations du gestionnaire du spectre, peut donner une idée des besoins futurs globaux et faciliter les attributions de spectre. De plus, les gestionnaires sont en mesure de spécifier des tendances chiffrées en se fondant sur des données d'utilisation du spectre valables pour tous les utilisateurs dont ils ont la charge.

Toute prévision porte en elle un certain degré de risque, mais il est possible d'améliorer les décisions relatives aux demandes futures de spectre si ces décisions reposent sur des prévisions bien structurées et convenablement analysées. Les prévisions portant sur l'utilisation, les technologies, l'encombrement, etc., pourraient être de la plus grande utilité pour la gestion, en particulier pour les décisions d'attribution de spectre.

2.3.3 Disponibilité en ressources spectrales

Il est nécessaire d'évaluer la disponibilité en ressources spectrales en examinant tous les services radioélectriques du pays, l'objectif étant de tenir compte des besoins de spectre qui ont été déterminés au préalable. Ces informations proviennent principalement de l'administration proprement dite mais peuvent aussi provenir de la Liste internationale des fréquences de l'UIT, des plans d'allotissement de l'UIT et de toute étude existante de planification régionale du spectre.

2.3.4 Options de planification

Il faut définir des options de planification permettant de répondre aux besoins de spectre, sur la base des données obtenues dans la phase d'évaluation de la disponibilité en ressources spectrales. Toute analyse concernant la définition d'options de planification du spectre devrait tenir compte de facteurs techniques, juridiques, sociaux, écologiques, politiques et économiques. Une telle analyse évaluerait également les diverses possibilités des services en fonction des environnements et/ou des attributions, existants ou en projet. Les Recommandations concernant les besoins de services impossibles à satisfaire dans le cadre des attributions nationales existantes seront fondées sur ces analyses et sur tous les résultats disponibles de contrôle du spectre. Les options d'attribution sont mises au point et les coûts relatifs d'éventuelles réattributions à des utilisateurs de spectre existants et/ou du déplacement de tels utilisateurs sont évalués.

2.3.5 Mise en oeuvre du processus

La mise en oeuvre de diverses stratégies de planification du spectre pourrait faire l'objet d'un processus permanent. L'introduction de nouveaux services pourra nécessiter des modifications des tableaux d'attribution des bandes de fréquences ainsi que des révisions des règlements nationaux et des règlements de l'UIT. La révision des règlements internationaux serait effectuée dans le cadre des CMR qui se tiennent périodiquement.

2.3.6 Le processus itératif

Des décisions antérieures peuvent être réévaluées périodiquement ou être prises sur la base d'événements spécifiques et, au besoin, être modifiées en fonction des renseignements mis à jour. La planification est donc un processus permanent d'analyse et de traitement de données plutôt qu'un processus linéaire. Un registre de toutes les modifications intervenues peut être tenu à jour afin de conserver une trace des évolutions du plan à long terme.

2.3.7 Plan pour faciliter la planification de l'utilisation du spectre

Pour faciliter la planification de l'utilisation du spectre, les administrations peuvent définir et élaborer des plans qu'elles peuvent appliquer en continu ou pendant certaines périodes de temps (annuellement ou à plus long terme) afin de déterminer l'utilisation effective du spectre et ainsi d'apporter en retour des informations pour le processus de planification.

Examen des fréquences assignées. Il est commode de formuler et de mettre en oeuvre un plan permanent en vue de la révision des fréquences assignées afin de déterminer l'utilisation réelle et effective des assignations de fréquence. Les objectifs de ce plan devraient être axés sur les points suivants:

- valider et normaliser toutes les informations concernant les fréquences assignées;
- faire en sorte que les fréquences assignées soient utilisées correctement et que ces assignations figurent dans les bases de données de gestion et de contrôle automatisés du spectre;
- vérifier que les fréquences assignées sont nécessaires pour la fourniture des services de télécommunication et la réalisation des activités relatives aux télécommunications, conformément aux licences délivrées pour l'utilisation du spectre;
- veiller à ce que les assignations de fréquence soient conformes aux réglementations existantes;
- mettre à jour le Fichier national des fréquences en y versant les informations de gestion et les informations techniques sur les équipements, les emplacements ainsi que des paramètres techniques détaillés.

Mesure de l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques. Il est commode de concevoir et de mettre en oeuvre un plan de contrôle du spectre qui pourrait être mis en oeuvre chaque année pour déterminer les paramètres techniques des stations de radiocommunication autorisées. Les objectifs de ce plan pourraient être les éléments:

- déterminer si les stations de radiocommunication sont exploitées conformément aux paramètres figurant dans les licences;
- analyser l'occupation du spectre et l'avantage de réassigner et/ou de réaménager des fréquences radioélectriques dans une zone ou une région données;
- contribuer à prévenir ou à résoudre les cas de brouillages radioélectriques;
- examiner et mettre à jour en permanence les processus de planification du spectre afin de les optimiser et de les rendre plus efficaces et plus efficaces.

Plan relatif à la finalité d'utilisation du spectre. Les administrations devraient élaborer des plans pour déterminer les utilisations spécifiques des bandes de fréquences. L'un des principaux objectifs est d'attribuer des bandes de fréquences pour les besoins de la sécurité nationale et pour les équipes de premiers secours. Ce plan devrait privilégier les éléments suivants:

- déterminer les bandes de fréquences attribuées pour la défense;
- élaborer et mettre à jour en permanence les plans de répartition des canaux et les plans de fréquences aux niveaux local et national.

De même les administrations devraient élaborer des plans concernant les nouvelles technologies.

Réaménagement du spectre. Il est commode de formuler et de mettre en oeuvre un plan de redistribution du spectre. Ce plan pourrait être axé sur les éléments suivants:

- déterminer les nouvelles utilisations du spectre des fréquences radioélectriques;

- analyser l'occupation du spectre existant et réaménagé dans une région ou une zone;
- déterminer les bandes de fréquences qui devraient être réaménagées compte tenu des tendances internationales, du Règlement des radiocommunications de l'UIT, des besoins du pays et des avancées technologiques.

2.4 L'approche consultative

L'approche consultative est fondée sur l'hypothèse que les planificateurs du spectre peuvent, par l'entremise d'activités de collaboration mettant à contribution les utilisateurs du spectre, les fournisseurs de services et les équipementiers, parvenir à déterminer les besoins d'utilisation du spectre à long terme avec une précision et une rentabilité suffisantes. Cette méthode prend donc en considération des apports analytiques et intuitifs issus de la communauté utilisatrice du spectre, la charge de responsabilité pour l'essentiel de l'analyse et de la prévision étant confiée à ceux qui ont le plus d'intérêts en jeu. Le niveau de détail accordé à l'analyse des facteurs relève de la communauté des utilisateurs. Etant donné l'évolution rapide de l'industrie des radiocommunications et les ressources limitées qui sont à la disposition des gestionnaires nationaux du spectre, une telle approche représente souvent l'option la meilleure et la plus rentable pour les planificateurs du spectre.

2.4.1 Recherche des besoins futurs en matière de spectre/services

L'approche consultative commence par une notification ou une annonce publique initiales, informant toutes les parties intéressées qu'un plan d'utilisation du spectre ou, le cas échéant, un élément stratégique précis d'un tel plan, va être au point, annonce qui formule également une demande de renseignements. Cette annonce doit être largement diffusée, de préférence dans une publication officielle dont on sait qu'elle possède une vaste audience. Le caractère public de l'annonce est essentiel afin de susciter un intérêt maximal et d'obtenir un maximum de réactions de la part des opérateurs de systèmes potentiels. Les limitations apportées à la diffusion de l'annonce diminueront la réponse obtenue. Toutefois, dans les pays où de telles méthodes officielles de publication n'existent pas ou, dans le cas où le temps est limité, l'utilisation d'organismes consultatifs permanents peut représenter une méthode efficace pour recueillir des informations. Dans certains pays, cette consultation peut être effectuée par des sous-traitants ou par des organismes consultatifs constitués spécialement à cet effet.

Le domaine d'application de l'enquête doit être défini, ainsi que le calendrier des réponses. Celles-ci pourront normalement venir de groupes d'utilisateurs du spectre, de fournisseurs de services radioélectriques, d'équipementiers, d'organisations gouvernementales, y compris militaires, et du grand public. Les planificateurs du spectre pourront demander que les réponses soient données par écrit ou dans le cadre d'un dialogue direct. Pour garantir l'exhaustivité et la transparence dans le cadre d'une procédure publique, le dialogue direct exige généralement l'établissement d'un rapport écrit consigné officiellement. En tout état de cause, les réponses reçues de ces groupes formeront une base permettant de déterminer les besoins de fréquences et conduiront à la prise de décisions en matière de gestion du spectre.

Comme indiqué ci-dessus, un certain nombre de groupes fournissent des renseignements au cours de ce processus consultatif. Les groupes d'utilisateurs sont des utilisateurs de services de télécommunication qui ont un intérêt commun à recevoir le meilleur service au coût le plus faible. Ces groupes d'utilisateurs peuvent faire part d'exigences concernant la fourniture de services radioélectriques nouveaux ou élargis. Les fournisseurs de services de radiocommunication sont les entités commerciales qui fournissent des services aux utilisateurs. Elles ont des prévisions de croissance de leurs services, fondées sur leurs propres études et sur leur sens des affaires. Cette croissance des services peut se traduire par une demande de fréquences additionnelles. Les constructeurs d'équipements radioélectriques ont un intérêt direct à la croissance de systèmes radioélectriques et peuvent formuler des observations techniques sur l'applicabilité des diverses bandes de fréquences à un service radioélectrique proposé, et fournir des prévisions relatives aux progrès techniques pouvant améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre.

Les pouvoirs publics, aux niveaux national et local, ainsi que les autorités militaires, exprimeront des besoins de fréquences en faveur de systèmes de radiocommunication futurs. Bien que les services commerciaux puissent répondre à une partie des besoins des pouvoirs publics, un grand nombre de ceux-ci pourront être spécifiques et nécessiter des fréquences et des systèmes radioélectriques qui leur sont propres. Il est probable

que certains de ces systèmes pourront relever de la sécurité nationale à telle enseigne que la connaissance de ces systèmes ne sera pas dans le domaine public et devra être protégée par l'organisme de régulation.

Le principe sous-jacent du processus consultatif est que les utilisateurs, les fournisseurs de services et les constructeurs sont ceux qui ont les meilleures capacités pour évaluer leurs propres activités relatives au spectre. Comme ils dirigent des entreprises ou remplissent une fonction gouvernementale, ils doivent être en mesure d'évaluer leurs besoins, leurs coûts et les demandes d'utilisation, au risque de faire échouer leur entreprise ou leur carrière. Les facteurs sociologiques et économiques doivent donc être déterminés et pris en considération par les participants lorsqu'ils expriment leurs besoins.

Puisque les personnes qui répondent à l'enquête sont ceux qui ont besoin de fréquences, il peut y avoir, de leur part, une tendance compréhensible à exagérer leurs besoins en matière de spectre et de services. Les gestionnaires nationaux du spectre pourraient donc recourir à un dialogue interactif et à une analyse des tendances d'utilisation afin de contribuer à garantir une précision suffisante.

2.4.2 Interactions internes/externes des groupes représentatifs

Des processus consultatifs formels peuvent être conduits au moyen d'une approche itérative à plusieurs étapes. Bien que l'interaction des parties intéressées puisse s'effectuer par réponse formelle et contre-réponse à l'enquête publique, ce procédé augmente la durée nécessaire pour achever le processus d'enquête. Dans bien des cas, le temps ainsi écoulé sera très précieux pour donner au gestionnaire national du spectre l'occasion d'étudier les problèmes. Il permettra aussi de consigner et d'examiner toutes les idées exprimées.

Afin de maximiser les interactions et, dans certains cas, d'accélérer le processus, il peut être approprié de rencontrer des représentants des principaux groupes ayant répondu au cours de la période d'enquête. Cette interaction donne l'occasion d'établir un dialogue entre les utilisateurs, les fournisseurs de services et les régulateurs, afin de préciser l'objectif du processus et de réduire ou d'éliminer toute exagération éventuelle des besoins de fréquences. Ce dialogue replace chaque besoin dans le contexte des autres requêtes (aussi bien nouvelles qu'anciennes), ce qui donne un caractère réaliste aux négociations relatives au spectre et, en fin de compte, au résultat de la planification. Il arrive souvent qu'un tel dialogue aide les auteurs de propositions à réviser leurs requêtes au fur et à mesure de leur collaboration réciproque.

Certaines initiatives ont vu le jour, par exemple l'organisation de groupes de travail thématiques dans le cadre desquels les parties intéressées peuvent apporter des informations et donner leurs points de vue aux administrations pour préparer les conférences mondiales des radiocommunications, dégager les tendances concernant l'utilisation du spectre et les éventuels besoins dans l'avenir, entre autres sujets, ce qui pourrait aider les administrations à recueillir autant d'informations que possible à prendre en compte dans leur processus décisionnel.

Certaines administrations utilisent désormais différents outils de l'Internet pour faciliter les échanges de vues et/ou étendre les consultations à des parties qui n'étaient pas représentées jusqu'ici, c'est-à-dire les forums d'élaboration de la politique générale/de développement de la planification, la diffusion des débats et la publication des observations reçues.

2.5 L'approche analytique

L'approche analytique se compose d'une analyse détaillée des facteurs exerçant une influence sur la tendance à prévoir. Les conclusions et les hypothèses de l'analyse sont converties en valeurs compréhensibles qui sont calculées mathématiquement à l'aide du logiciel disponible. Le logiciel qui utilise la méthode Monte-Carlo pour l'analyse peut constituer une aide non négligeable dans le cadre de cette méthode. Cette méthode, qui combine l'analyse et les mathématiques, présente les avantages suivants:

- Il s'agit d'une méthode ascendante complète fondée sur des données détaillées qui vise à produire et à consigner les résultats.
- Les données relatives aux grandeurs d'influence sont déduites des statistiques portant sur les années antérieures. Les valeurs pour les données à venir peuvent être extrapolées à partir de ces statistiques.

- La pondération de chaque grandeur d'influence peut être déterminée au moyen d'enquêtes et/ou d'autres données de recherche (comme l'évaluation d'études externes, des rapports techniques ainsi que des données publicitaires).
- Cette méthode permet de déterminer immédiatement les effets éventuels que des variations des grandeurs d'influence ont sur les résultats des prévisions.
- La méthode analytique ne nécessite pas forcément des informations détaillées en provenance d'autres sources que les organisations de gestion du spectre et elle peut être appliquée au moyen des statistiques existantes.
- La méthode analytique, détaillée et complète, utilisant des statistiques fiables, produit un résultat relativement objectif.

L'approche analytique se compose des cinq étapes suivantes:

Etape 1: une analyse approfondie de la situation actuelle;

Etape 2: la formulation d'hypothèses logiques au sujet des différents facteurs (voir le Tableau 2-2);

Etape 3: l'élaboration de scénarios (voir le § 2.6):

- un scénario fiable ou analyse de sensibilité, dont la prévision peut être assurée, indiquant les éléments éventuels d'incertitude et leurs raisons sous-jacentes,
- d'autres scénarios, centrés sur les facteurs d'incertitude les plus importants;

Etape 4: L'évaluation des scénarios:

- les scénarios sont évalués aussi bien en ce qui concerne leur représentativité, la validité des facteurs que du point de vue de leurs risques, avantages et priorités propres;

Etape 5: La présentation d'un ensemble de conclusions finales.

2.6 L'approche «scénario»

Un scénario est une séquence théorique d'événements possibles, fondée sur des occurrences passées et des développements connus concernant un domaine précis (comme les tendances démographiques d'un pays) ou concernant une période précise, ces événements ayant un certain rapport les uns avec les autres. Un scénario n'est pas une prévision en soi mais il complète la prévision traditionnelle en offrant un enregistrement d'une séquence éventuelle d'événements isolés portant sur un aspect particulièrement intéressant d'un système.

Toutefois, des scénarios peuvent être utilisés dans le cadre de la planification en vue de prédire des développements possibles. Ils ont pour fonction:

- d'augmenter la fiabilité des prévisions et d'interpréter les risques (fiabilité);
- d'indiquer des options stratégiques éventuelles.

Les scénarios sont fondés sur les principaux facteurs d'influence c'est-à-dire sur les facteurs politiques, juridiques, économiques, sociaux, écologiques et techniques (voir le Tableau 2-2). Ils peuvent être développés de façon systématique, selon différentes configurations de ces facteurs et de leur degré de probabilité estimé.

Un certain nombre de facteurs peuvent être communs, du moins d'une manière générale, à l'ensemble ou à la plupart des scénarios. C'est sur ces facteurs que l'on élabore, de préférence, la planification du spectre. Les différences qui subsistent seront exposées plus clairement et représentent les facteurs de risque dans un plan donné. Elles peuvent être exposées aux experts d'une certaine façon mais aussi avec une clarté qui n'aurait pas été possibles en l'absence d'un scénario. Il s'agit là également de domaines dans lesquels il faut suivre de très près l'évolution des choses et l'apparition de nouvelles tendances.

L'«approche scénario» est un concept qui pourrait être plus répandu dans une planification à plus long terme de la gestion du spectre où les tendances et les besoins sont nettement moins bien définis. Ainsi, la convergence des télécommunications et de la radiodiffusion, grâce à l'utilisation des nouvelles technologies, laisse présager la possibilité d'augmenter sensiblement la largeur de bande disponible jusqu'au domicile et de disposer de capacités analogues avec les mobiles. Une telle évolution est difficile à prévoir et pose encore plus de problèmes lorsqu'il s'agit d'en tenir compte dans la planification. En effet, cette évolution résiste à l'analyse des tendances en ce sens qu'elle ne s'accompagne pas de modifications progressives. En revanche, les

changements radicaux peuvent exiger une révision assez importante des hypothèses retenues pour la planification du spectre et, par voie de conséquence, un réaménagement des plans.

Ces approches de type «scénario» pourraient inclure des procédures en vertu desquelles des organismes autres que de radiodiffusion envisagent un certain nombre d'évolutions possibles de la société et des entreprises dans une période bien déterminée. Ces modifications indiquées pourraient donner lieu à un certain nombre de scénarios qui seraient tous très différents et qui pourraient tous se produire tout en s'excluant les uns les autres. On pourrait alors analyser les besoins de communication et de gestion du spectre dans ces différents scénarios.

Selon la situation nationale, les ressources disponibles et le cadre réglementaire du spectre, un gestionnaire national du spectre pourra effectuer un choix à partir d'un certain nombre de méthodes pour évaluer des scénarios du point de vue de leur incidence possible sur l'utilisation du spectre. L'évaluation des scénarios ayant une incidence sur l'utilisation du spectre peut se fonder sur des approches consultatives ou analytiques ou encore sur une combinaison de telles approches. Cette évaluation peut être très détaillée du fait qu'elle tient compte de tous les facteurs possibles, ou être plus superficielle dans sa vue d'ensemble. Par ailleurs, la responsabilité de l'examen des facteurs peut être principalement confiée au gestionnaire national du spectre ou être répartie entre les parties intéressées. Cette évaluation des scénarios contribue finalement à constituer la base des décisions prises par le gestionnaire national du spectre en ce qui concerne l'attribution des fréquences ou leur réglementation.

2.7 Tendances d'utilisation

Les résultats de toute enquête doivent normalement être comparés aux besoins sur la base d'une analyse des tendances d'utilisation des services radioélectriques actuels. Une augmentation des besoins de spectre d'une population stable ou déclinante d'utilisateurs serait évidemment très suspecte, à moins que l'existence d'un manque de services disponibles n'empêche le nombre d'utilisateurs de croître. L'extrapolation des données d'utilisation et le calcul du spectre requis, dans l'hypothèse de technologies d'utilisation efficace du spectre, fournira au régulateur une estimation de l'usage futur, à comparer aux résultats de l'enquête. Une prévision fondée sur des tendances d'utilisation pourra prêter quelque peu à confusion dans le cas de tendances non linéaires (percées). Il s'agit là des cas où l'utilisation peut croître de manière exponentielle dans le proche avenir, grâce à une percée technologique ou à des réductions notables du prix pour le service. Dans une approche consultative, l'accent est toutefois porté sur la rentabilité des processus. Il faut donc évaluer l'importance de l'analyse des tendances d'utilisation en termes d'amélioration de la précision qui est censée en résulter.

Suivre les tendances d'utilisation pourrait alerter les administrations en cas d'utilisation inefficace ou d'utilisation moindre du spectre. Ces avertissements aident les administrations à commencer à réfléchir à la meilleure façon d'utiliser le spectre dans l'avenir. Dans le Chapitre 8, on trouvera des mesures utiles de l'efficacité d'utilisation du spectre.

2.8 Autres approches

Dans le déroulement du processus de planification, il convient d'envisager d'autres approches et d'y avoir recours là où cela est possible. Il est possible d'alléger en partie les contraintes de la planification en s'appuyant davantage sur les forces du marché pour répartir la ressource spectre et en introduisant davantage de souplesse dans la gestion. Par exemple, en faisant jouer les principes du marché (y compris de marchés secondaires) dans le processus de gestion, on pourrait faire en sorte que les pouvoirs publics ne soient pas toujours obligés d'intervenir pour dire quelle quantité de spectre doit être attribuée aux divers types de radiocommunication et à quels utilisateurs il convient de concéder le droit, souvent extrêmement précieux, d'exploiter le spectre. Les incitations du marché ont pour résultat un accroissement d'efficacité: ainsi, les gestionnaires du spectre ne seraient pas toujours obligés de modifier les attributions de fréquences ou d'effectuer des sélections de fréquence basées sur des analyses techniques détaillées. Il pourrait y avoir avantage, pour les gestionnaires à assouplir des modalités d'attribution, d'assignation et d'utilisation des fréquences, moyennant quoi les processus de gestion se trouveraient mieux adaptés aux besoins de spectre, lesquels sont en évolution constante.

Aucune procédure de planification et de prévision ne pourra indiquer à l'avance tous les besoins, tous les systèmes ou tous les services à introduire dans le spectre, avec un préavis suffisant pour faciliter cette introduction. Si l'on veut qu'un besoin non prévu puisse être pris en compte sans peser trop lourdement sur la

structure des attributions existantes, il faut que cette structure soit suffisamment souple pour tenir compte des contraintes de la planification.

En ayant recours à des fichiers existants et, dans certains cas, au contrôle des émissions pour rechercher les parties peu utilisées (qui ont fait l'objet d'assignations) ou inutilisées du spectre, il est possible de repérer des fréquences pour des utilisations futures. L'inventaire de ces fréquences constitue une ressource toujours facilement exploitable.

On peut imaginer une autre méthode pour donner plus de souplesse aux opérations: mettre de côté ou réserver une portion de spectre pour des besoins non spécifiés. Si l'on dispose de bandes de fréquences non utilisées, suffisamment larges pour accueillir des utilisations imprévues, il est possible d'agir rapidement et facilement en cas de différends. Des portions de spectre pourraient être mises à la disposition de systèmes nouveaux, et être retirées si le service n'était pas mis en oeuvre effectivement. On pourrait procéder de la manière suivante pour créer et gérer une réserve de spectre: des bandes ou des sous-bandes seraient identifiées plusieurs années avant de pouvoir être mises à la disposition des nouveaux utilisateurs et une portion de spectre serait, par exemple, ouverte chaque année ou tous les deux ans dans une région différente du spectre. A titre d'exemple, une durée de dix ans serait une durée raisonnable. La périodicité exacte pourrait être déterminée en fonction de l'obsolescence naturelle spécifiée pour les équipements fonctionnant dans la bande considérée. Cela assurerait la souplesse voulue pour ceux qui innovent et donnerait aux utilisateurs préexistants le temps de libérer la portion de spectre concernée.

Le fait de conserver des réserves de fréquences disponibles sur de longues durées peut avoir un effet négatif: ces réserves sont un facteur d'inefficacité face à une augmentation de la demande. Cependant, il peut être préférable de constituer des réserves si cela permet d'éviter le déplacement non planifié d'autres systèmes, ce qui est une opération coûteuse. Décider de déplacer des utilisateurs existants pour laisser la place à de nouvelles utilisations novatrices peut se révéler extrêmement coûteux et créer des bouleversements dommageables; en effet, les gestionnaires du spectre peuvent être amenés à effectuer ces déplacements après un préavis très court. Ces coûts et ces bouleversements conduisent les utilisateurs titulaires et existants à s'opposer vigoureusement aux tentatives de réattribution du spectre, ce qui peut faire échouer ou retarder considérablement l'introduction de nouveaux services porteurs d'innovation. L'aspect utile des réserves de fréquences tient au fait qu'elles donnent aux gestionnaires du spectre la souplesse voulue, techniquement et politiquement, pour traiter les nouvelles utilisations de la ressource, utilisations peut-être non prévues mais souhaitables sur le plan social.

2.9 Planification et réexamen du système de gestion du spectre

La planification du processus de gestion nationale du spectre devrait porter sur des sujets tels que la réglementation, les méthodes d'analyse et les capacités de traitement des données. Les changements nécessaires devront être spécifiés. Il sera possible alors d'élaborer un plan pour apporter des améliorations à ces aspects du système national. L'établissement d'un plan dans ce domaine peut déclencher un processus d'améliorations successives du système de gestion. Par exemple, des plans spécifiques pour améliorer les modèles de logiciel, la collecte des données, les capacités de manipulation mathématique et les possibilités d'extraction des données prennent de plus en plus d'importance. On a besoin de plans concrets pour mettre en pratique les concepts afférents au marché et à la flexibilité. La priorité doit être donnée aux améliorations spécifiques à apporter au système de gestion du spectre ainsi qu'aux tâches permanentes d'analyse et d'évaluation; il faudra programmer ces améliorations en tenant compte des possibilités financières.

Les réexamens réguliers devront porter sur les domaines suivants:

- processus de prise de décisions et options d'approvisionnement;
- procédures de réglementation;
- équipements informatiques, logiciels et réseautage;
- base de données nécessaires;
- processus de coordination transfrontière;
- participation aux activités internationales et régionales;
- techniques d'analyse;
- capacités de contrôle des émissions et d'inspection;
- normes et processus d'homologation.

2.10 Mise en oeuvre de la planification

La planification de l'utilisation du spectre ou la planification du système de gestion du spectre peut se faire à court terme, à long terme ou selon un processus stratégique. Pour chacune de ces formules de mise en oeuvre, il faut prévoir une activité régulière et, dans certains cas, programmée. Une planification n'est plus une planification lorsqu'elle est motivée par une crise imminente ou par des conséquences immédiates. Cela étant, la première mesure à prendre, si l'on veut réussir une planification, consiste à mettre en place et à accepter un processus pour étudier les problèmes et actualiser les plans. Ce processus doit mettre en oeuvre des moyens spécifiques pour réaliser la planification à court terme, à long terme et stratégique. La planification à court terme et la planification stratégique portent sur des questions spécifiques ou pointues; il n'est donc pas possible de leur appliquer des cadres ou des formules déterminés a priori. Cependant, ces planifications devront, dans tous les cas, préciser les besoins, les ressources disponibles, les décisions de politique générale et la mise en oeuvre des plans. En revanche, un plan à long terme pourra généralement être adapté à un schéma normalisé et recouvrir un minimum de domaines particuliers.

L'évaluation des différents modes d'action pouvant être choisis sur la base du processus de planification dépendra, comme cela est indiqué au Tableau 2-2, des facteurs politiques, juridiques, économiques, sociaux, écologiques et techniques pertinents. Chaque administration doit évaluer les répercussions des plans sur ses usagers, les administrations des pays voisins, les constructeurs de matériel, les fournisseurs de services et les utilisateurs du spectre. Les décisions devront être prises compte tenu des priorités nationales. Il n'est donc pas possible d'appliquer des règles simples indiquant de quelle manière les divers facteurs doivent être pris en compte.

2.10.1 Planification à court terme (entre trois et cinq ans)

En général, une planification est considérée comme étant à court terme parce qu'on ne dispose pas de délais d'action suffisants. Par exemple, on peut considérer comme un problème à court terme la détermination d'un système d'assignation de fréquence pour un nouveau réseau d'ampleur nationale en cours de réalisation. Comme le système pourra être mis en oeuvre dans un petit nombre d'années, les plans doivent se traduire rapidement en actions et les options sont limitées, surtout pour le choix des bandes de fréquences. Il n'est pas possible non plus de faire des choix en ce qui concerne le déplacement des utilisateurs sur le long terme, par exemple. Il n'en demeure pas moins qu'il faut suivre les étapes successives de la planification. En tenant dûment compte des caractéristiques de la nouvelle utilisation, on examinera les utilisations existant dans les bandes concernées, et on identifiera les fréquences inutilisées ou peu utilisées. On analysera les problèmes de compatibilité avec les utilisateurs actuels et on demandera aux intéressés de faire des suggestions quant à la meilleure méthode à appliquer pour intégrer la nouvelle utilisation. On pourra être amené à faire appel à des comités de coordination ou de négociation pour aider à résoudre les différends. Il pourra être recommandé de modifier la conception des systèmes, ou les limitations qui sont imposées à leur fonctionnement, pour permettre la mise en oeuvre du nouveau système. Il convient de prendre en considération les facteurs indiqués au Tableau 2-2 ainsi que tout accord international susceptible d'orienter ou de limiter les choix opérés à l'échelle nationale. On pourra utiliser des outils analytiques, par exemple des modèles d'assignation de fréquence, pour mettre sur pied un plan d'assignations.

La plupart des plans à court terme aboutiront à l'établissement d'un document de décision indiquant le mode opératoire choisi ainsi que le calendrier fixé pour réaliser l'objectif.

Pour le court terme, le facteur fondamental est l'environnement et ses contraintes incontournables. Le plan à court terme doit par conséquent prévoir un processus d'adaptation à l'environnement existant. Toutefois, les répercussions de la planification à court terme sont, dans la plupart des cas, des répercussions à long terme; en effet, la nouvelle utilisation du spectre ou les nouvelles capacités de gestion du spectre sont destinées à durer longtemps.

Le plan à court terme devrait être suffisamment détaillé pour répondre aux besoins nationaux en matière de spectre des systèmes de radiocommunication, aussi bien existants que prévus et cela dans un laps de temps fixé à l'avance. Ce plan entraîne également:

- la révision du Tableau national d'attribution des bandes de fréquences;

- la mise au point des positions nationales concernant les ordres du jour des conférences internationales des radiocommunications;
- des révisions des règlements, des politiques et des normes en matière de spectre.

2.10.2 Planification à long terme (entre cinq et dix ans)

Actuellement, l'essentiel de la planification porte sur le court terme. Toutefois, si les ressources en matière de spectre doivent correspondre suffisamment aux buts et aux objectifs nationaux, une planification à long terme est indispensable. Elle peut en effet constituer la base d'une gestion efficace du spectre pour garantir que celui-ci est efficacement attribué et assigné en fonction des besoins en évolution constante des nouveaux systèmes et de leurs applications. Ce type de planification facilite également la prise de décision en offrant une base aux études pratiques et à l'évaluation d'autres solutions. La planification à long terme devrait avoir les objectifs suivants:

- prendre aujourd'hui des décisions en matière de stratégies de planification spectrale compte tenu de leurs conséquences pour l'avenir;
- déterminer l'incidence sur l'avenir des décisions déjà prises;
- adapter périodiquement les décisions aux changements de circonstance.

Le Tableau 2-3 indique un grand nombre de disciplines auxquelles devrait s'appliquer, au minimum, un plan à long terme. Il convient néanmoins de signaler que cette liste n'est pas limitative.

La planification à long terme devrait être suffisamment détaillée pour répondre aux besoins nationaux en matière de spectre des systèmes de radiocommunication, aussi bien existants que prévus et cela dans un laps de temps fixé à l'avance.

La planification à long terme, quant à elle, est extrêmement souple. Les utilisations actuelles peuvent être transférées dans d'autres bandes de fréquences ou d'autres emplacements, compte tenu de leur obsolescence naturelle. Il est possible de modifier les caractéristiques en révisant les normes ou les plans de répartition des canaux. On a davantage de possibilités pour modifier les méthodes de gestion du spectre, par exemple dans les cas où il est possible de restructurer les bases de données, de définir des services nouveaux ou de redéfinir des services anciens, ou d'élaborer de nouvelles méthodes de gestion.

Il faut que la planification à long terme et la mise à jour des plans existants soient des opérations de vaste portée si l'on veut pouvoir tenir compte de toutes les orientations possibles. Il est nécessaire de réexaminer le plan à intervalles réguliers sur la base des facteurs indiqués au Tableau 2-2, même si la mise à jour ne doit pas porter sur toutes les parties du plan. Le plus souvent, avec un plan à long terme existant, telles ou telles parties sont actualisées lorsque le réexamen les met en évidence, et non lorsqu'elles sont nécessaires pour une activité particulière se déroulant dans la communauté des radiocommunications. S'agissant d'un plan à long terme pour l'utilisation du spectre, il faut tenir compte des utilisations actuelles, futures et prévues dans le spectre; la raison en est qu'il pourrait être nécessaire de transférer certaines utilisations. Le réexamen doit porter également sur les coûts à long terme et les priorités nationales. Il y a lieu de prendre en compte les projets des pays voisins et des partenaires commerciaux. Dans ce type de planification, on est souvent amené à étudier des méthodes nouvelles pour la gestion du spectre.

TABLEAU 2-3

Planification à long terme

Plan d'utilisation du spectre	Plan pour le système de gestion du spectre
<p><i>Objectifs de l'utilisation du spectre</i></p> <p>Objectifs pour répondre aux besoins des utilisateurs, en conformité avec les politiques appliquées à l'échelle nationale, par exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sécurité et application des lois - Commerce et transports - Sécurité nationale - Radiodiffusion - Education nationale - Utilisateurs <p><i>La ressource spectre</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tableau national d'attribution des bandes de fréquences - Bandes peu utilisées ou inutilisées; pénuries <p><i>Conditions requises pour l'utilisation du spectre</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Liste des fréquences utilisées - Besoins futurs - Technologies naissantes - Prévisions - Tendances internationales et régionales <p><i>Disponibilité du spectre</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fichiers de données des pouvoirs publics - Données mesurées <p><i>Plan à long terme</i></p> <p><i>Programme d'activité et calendrier</i></p>	<p><i>Pouvoirs</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Loi sur les radiocommunications - Délégation de pouvoirs - Règlements et procédures <p><i>Fonctions de gestion du spectre</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboration d'une politique - Application des règlements et réglementation - Octroi de licences et perception de redevances <p><i>Ingénierie du spectre et soutien informatique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Normes pour les équipements - Plans de répartition des canaux - Modèles de CEM - Méthodes d'analyse technique - Matériel et logiciel informatiques <p><i>Activités internationales et régionales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stratégies pour la participation à l'UIT et à d'autres instances internationales ou régionales - Accords internationaux et régionaux - Coordination le long des frontières <p><i>Besoins en matière de ressources</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Source de financement - Ressources humaines - Besoins futurs <p><i>Programme d'activité et calendrier</i></p>

En ce qui concerne le spectre lui-même, un tableau national d'attribution joue le rôle de plan à long terme de base pour l'utilisation. Il convient que chaque administration dispose d'un tableau qu'elle-même et ses ressortissants reconnaîtront comme le document directeur pour la mise en oeuvre des services de radiocommunication.

Les pays en développement, en particulier, pourraient décider de porter l'attention sur les mesures à prendre pour améliorer l'infrastructure des radiocommunications nationales, ce qui oblige souvent à mettre en place ou à perfectionner la structure et la capacité de gestion du spectre. Dans le cadre de ces initiatives doivent aussi figurer un plan pour la mise en oeuvre de radiotechnologies et une politique nationale sur le rôle joué par les entreprises privées dans le développement du réseau national de communication.

La planification du spectre peut, dans certaines circonstances et conformément à des décisions à long terme appropriées, donner lieu à un redéploiement des services. Autrement dit, il peut être nécessaire de faire passer des utilisateurs existants d'une bande de fréquences à des technologies plus modernes ou de les déplacer dans de nouvelles bandes de fréquences. Plusieurs raisons différentes peuvent expliquer cet impératif de redéploiement du spectre:

- une attribution peut être en service depuis un temps considérable, au point de ne plus répondre aux exigences des utilisateurs ou aux capacités des systèmes d'aujourd'hui;

- une attribution doit être faite à un nouveau service de radiocommunication à l'intérieur d'une gamme de fréquences précise mais les fréquences en question sont occupées par des services avec lesquels le nouveau service ne saurait coexister;
- une conférence mondiale des radiocommunications a pu décider d'attribuer ou d'allotir une bande de fréquences occupée à un service différent sur le plan mondial, régional ou national (renvoi).

Le redéploiement du spectre, en tant qu'outil de gestion national du spectre peut, en théorie, s'appliquer à n'importe quelle bande de fréquences est à n'importe quel système. Toutefois, il est d'une pratique plus limitée car il ne s'applique généralement qu'aux cas où une administration peut justifier l'ampleur de l'ensemble des efforts et des dépenses engagés. Le redéploiement du spectre peut être volontaire (dans ce cas, la planification n'est requise que dans un cadre strictement réglementaire) ou obligatoire.

Redéploiement du spectre à titre volontaire

Il s'agit du cas où un utilisateur existant décide volontairement d'appliquer de nouvelles technologies à l'intérieur de la bande que l'utilisateur est autorisé à exploiter ou de rendre les fréquences qu'il utilise au gestionnaire du spectre en vue de leur réassignation. Lorsqu'il faut appliquer de nouvelles technologies et qu'il n'existe pas de réglementation préventive, l'utilisateur est libre d'adopter à sa guise les nouvelles technologies, c'est-à-dire de passer d'un système hertzien de deuxième génération à un système de troisième génération. Si un utilisateur reconnaît qu'il n'a plus besoin du spectre occupé ou que les avantages qu'il retire de l'utilisation du spectre sont inférieurs aux coûts que suppose la poursuite de son utilisation, l'autorisation peut être abandonnée. Cette situation peut se produire lorsque le coût de l'autorisation augmente, que l'équipement existant a besoin d'un service ou d'être remplacé ou encore que les fonds nécessaires à la poursuite de l'exploitation ne sont pas disponibles.

Le redéploiement à titre volontaire peut se produire naturellement mais il existe en général sur une petite échelle. Une administration peut vouloir tenir compte de ce processus volontaire possible parallèlement à l'élaboration de politiques de réglementation du spectre.

Redéploiement du spectre à titre obligatoire

Le redéploiement du spectre à titre obligatoire est associé à une politique de planification administrative constructive. Dans ce cas, il faut généralement une planification à long terme pour assurer une transition progressive ainsi que l'amortissement ou le remplacement des équipements et des services. La logique de redéploiement du spectre qu'adopte une administration dépend du délai dans lequel le spectre devra être libéré. Il arrive souvent que cette décision soit prise pour des raisons politiques ou de sécurité nationale. En règle générale, la planification du redéploiement s'accompagne d'analyses détaillées du marché, d'un inventaire des besoins des consommateurs ainsi que de prévisions de croissance pour justifier une telle mesure qui entraîne certainement des dépenses. Les mécanismes éprouvés qui permettent d'accélérer le redéploiement sont les suivants: incitations et nouvelles compensations et notamment la fourniture par les nouveaux venus sur le marché d'équipements nouveaux et modernes pour les utilisateurs ayant fait l'objet d'un redéploiement.

Techniques de redéploiement

Outre le redéploiement possible des services de radiocommunication en bloc, bande par bande, il existe d'autres techniques de pointe qui pourraient être envisagées dans le cadre du processus de planification. Il s'agit notamment des techniques suivantes: procédures opérationnelles formelles (c'est-à-dire, écoute avant l'émission ou lecture automatique des signaux existants qui empêchent temporairement toute exploitation ou obligent un émetteur à changer de fréquence), réduction de la largeur de bande des canaux (ou découpage des canaux), amélioration des techniques de codage ou de modulation et application de nouveaux critères de partage du spectre. En cas de redéploiement dans une bande existante, il est indispensable de recourir dans une certaine mesure à la compatibilité ascendante et à l'interopérabilité. Le Tableau 2-4 récapitule les méthodes techniques qui peuvent être utilisées en vue de faciliter le partage et qui pourraient être prises en compte dans le cadre d'un processus de planification et de redéploiement à long terme.

TABLEAU 2-4

Méthodes techniques visant à faciliter le redéploiement

Espacement des fréquences	Séparation spatiale	Séparation dans le temps	Séparation par signaux orthogonaux
Plan de disposition des canaux Assignation dynamique des fréquences en temps réel Répartition dynamique variable Accès multiple par répartition en fréquence Codage: – correction d'erreur – compression Caractéristiques du contrôle de spectre des émissions Limites de la tolérance en fréquence	Sélection des sites Discrimination de diagramme d'antenne Obstacles physiques Effet d'écran du terrain Puissance brouilleuse: – commande dynamique du niveau de l'émetteur – limites de puissance surfacique – limites de densité spectrale de puissance – dispersion d'énergie	Contrôle du coefficient d'utilisation Accès multiple par répartition dans le temps Codage: – correction d'erreur – compression	Accès multiple par répartition en code Polarisation d'antenne

Bien évidemment, il pourrait être possible d'utiliser les réseaux filaires comme solution de rechange aux systèmes hertziens ou de radiocommunication, afin de réduire la demande de spectre, en particulier dans les zones encombrées et pour les besoins des applications à large bande. Il convient d'élaborer une politique de la planification ainsi qu'une réglementation associée propres à encourager l'utilisation de technologies de pointe du réseau intelligent afin d'offrir des interfaces ininterrompues entre les systèmes de distribution filaires et les liaisons hertziennes à courte distance, en réduisant au minimum le besoin de recourir au redéploiement.

2.10.3 Planification stratégique

La mise au point de stratégies à long terme pour l'utilisation nationale du spectre nécessitera la mise en oeuvre d'un processus de planification national stratégique du spectre.

Cette planification peut être considérée comme une méthode valable de planification à long terme qui permet de simplifier ou de réduire le travail continu à effectuer: elle consiste à rechercher un petit nombre de problèmes clés qui nécessitent une attention du point de vue de la planification et, par ailleurs, on admet par hypothèse que, dans leur grande majorité, les activités peuvent continuer en suivant le cours normal. Ici, la différence importante par rapport à la planification à long terme, réside dans la nécessité de mettre en place un processus pour mettre en évidence les problèmes clés. Si une administration possède plus d'une agence pour la gestion du spectre, tous les groupes doivent reconnaître l'importance que revêt l'identification de ces problèmes et se mettre d'accord sur les problèmes choisis.

L'intérêt de la planification stratégique est qu'on a moins besoin d'effectuer des études continues de vaste portée et que l'on peut se concentrer sur un nombre limité de problèmes. Cela réduit l'effectif de la main-d'oeuvre nécessaire à l'élaboration du plan et évite de perdre du temps à étudier des problèmes qu'il est peut-être inutile de traiter. En règle générale, il suffit de résoudre et de planifier un petit nombre de problèmes seulement à un moment donné. Il est donc superflu, dans de nombreux cas, de procéder à des mises à jour fréquentes d'un plan à long terme de grande portée. Au lieu de cela, un petit nombre de problèmes peut être traité dans ce processus stratégique.

Etant donné l'importance croissante des applications commerciales de l'utilisation du spectre et des considérations associées relatives au marché, toutes les parties pertinentes concernées dont les organismes de régulation, les opérateurs, les fabricants et les consommateurs devraient intervenir dans le processus de planification stratégique du fait que les tâches de coordination et de gestion sont devenues plus complexes.

L'évolution rapide des technologies, la libéralisation des marchés, la mondialisation et l'intérêt général sont tous des facteurs dynamiques qui entrent dans la planification stratégique.

Principes critiques stratégiques et fondamentaux qui conduisent à une utilisation plus efficace du spectre:

- attribution de bandes de fréquences en fonction des besoins du marché;
- renforcement de la concurrence;
- prise en compte des progrès technologiques prévus et imprévus;
- prise en compte des besoins d'harmonisation et de coopération au niveau international.

Hormis la concentration sur des sujets moins nombreux, on a ici les mêmes opérations que dans les autres travaux de planification. Il faut tout d'abord recenser les besoins actuels et les besoins futurs. Une autre tâche à accomplir consiste à élaborer et à analyser des méthodes pour résoudre le problème posé. Il y a lieu de recueillir les recommandations des parties concernées, en particulier les recommandations et les préoccupations d'autres administrations dont les opérations pourraient être influencées.

2.11 Aspects techniques concernant le processus de planification du spectre

L'efficacité technique (voir Chapitre 8) est un autre aspect à prendre en considération dans le processus de planification du spectre. Le principal objectif est en effet de parvenir à une utilisation optimale du spectre par les différents secteurs socio-économiques. Pour atteindre cet objectif, différents mécanismes décrits dans les paragraphes suivants peuvent être mis en oeuvre.

2.11.1 Planification de l'utilisation du spectre pour les services existants et les services futurs

Etant donné que le spectre est une ressource finie mais essentielle pour le développement et la croissance du secteur, la planification du spectre consiste à faire en sorte que les ressources soient disponibles en quantité suffisante pour satisfaire les demandes existantes et anticiper les demandes futures. La planification du spectre peut tenir compte de plusieurs éléments: avancées technologiques, souplesse d'utilisation, tendances internationales du secteur, innovation dans le domaine des communications, fluctuations des conditions du marché, besoins des utilisateurs, neutralité technologique, en particulier compte tenu des politiques publiques en matière de défense nationale, d'éducation, d'environnement et d'intégration sociale.

En ce sens, la combinaison de ces besoins nécessite l'élaboration de différents plans et la mise en place de différentes stratégies pour apporter une réponse efficace dans les meilleurs délais concernant l'utilisation du spectre pour les services existants et futurs.

2.11.2 Autres solutions technologiques

Les Télécommunications mobiles internationales (IMT), les systèmes de radiocommunication pilotés par logiciel, les systèmes de radiocommunication cognitifs, l'architecture hertzienne ouverte et les réseaux de prochaine génération constituent quelques-unes des solutions hertziennes les plus innovantes.

2.11.3 Réserver des fréquences pour les évolutions futures

Les progrès technologiques rapides et incessants dans le domaine des télécommunications, la convergence des services, la croissance du secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC), l'expansion incessante des télécommunications mobiles, l'évolution des habitudes et des modes de vie de la population en général se sont accélérés et vont faire augmenter considérablement les besoins de spectre dans l'avenir. Du fait des progrès technologiques de nouveaux services voient le jour et il faut pour investir avoir une certaine sécurité concernant la disponibilité du spectre. Les nouveaux systèmes fournissent toute une gamme de services, gommant ainsi l'identité propre à chaque système/service; par exemple les systèmes de communications mobiles et les systèmes à satellites large bande peuvent être utilisés conjointement pour fournir divers services classiques comme des services de téléphonie, de transmission de données ou d'accès à l'Internet.

La disponibilité et l'utilisation des fréquences du spectre influent sur le degré de concurrence entre les différents acteurs du marché, laquelle ne se résume pas à la concurrence à laquelle se livrent les services de

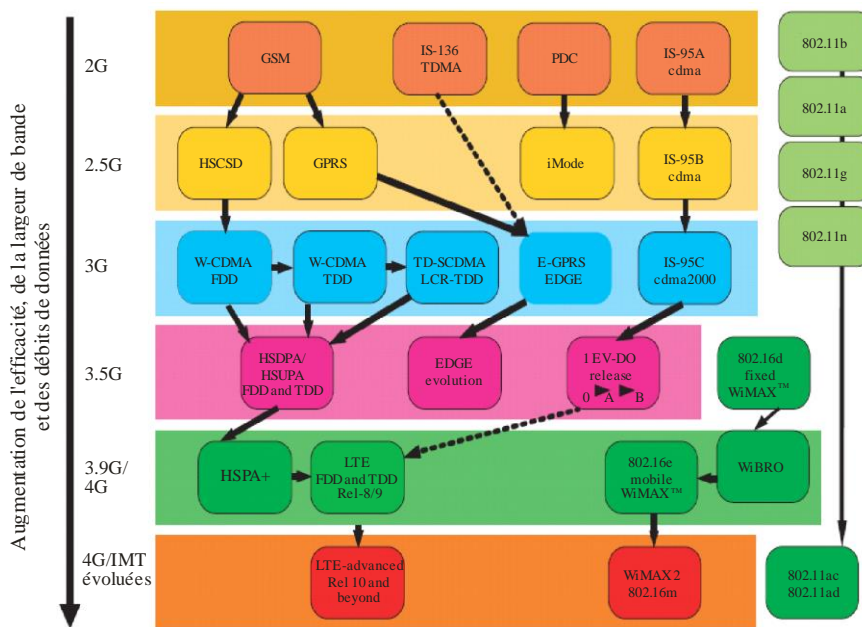
radiocommunication pour obtenir un accès au spectre mais peut toucher les fournisseurs et les utilisateurs des systèmes de communication à fibres optiques, par satellite ou par câble avec la boucle locale. Il faut trouver un juste équilibre entre les utilisations du spectre pour les applications publiques – défense, sécurité d'état – et celles pour les applications professionnelles ou commerciales. En outre, les technologies numériques des radiocommunications font évoluer l'utilisation du spectre et, par voie de conséquence, les modalités de planification, de gestion et de contrôle de cette ressource.

Les administrations peuvent attribuer et définir des bandes de fréquences structurées pour de nombreuses nouvelles applications et réglementer l'utilisation de ces bandes pour garantir que ces applications seront exploitées sans causer de brouillages préjudiciables.

L'utilisation de l'Internet et en particulier des protocoles TCP/IP, VoIP et IPTV fait augmenter le volume de trafic acheminé sur les noeuds des réseaux locaux (LAN), ce qui conduit à une augmentation de la demande pour ce qui est de la largeur de bande et des débits, et à l'utilisation de cellules plus petites conçues pour satisfaire les besoins de divertissement et de loisirs au domicile et au travail. L'avenir des télécommunications ce sont les communications mobiles et multimodales, en particulier les IMT internationales. Par voie de conséquence, les administrations accorderont peut-être une attention toute particulière au spectre identifié pour les IMT et nécessaire pour ces technologies, compte tenu de leurs besoins nationaux, afin d'assurer le déploiement de l'écosystème des IMT dans leurs pays respectifs tout en encourageant l'harmonisation aux niveaux mondial et régional de ces utilisations du spectre. Le secteur du mobile a migré vers les normes AMPS/TDMA/GSM/GPRS/EDGE/W-CDMA et TD-SCDMA/HSPA/LTE, ce qui est illustré dans la Figure 2.1. Evolution distincte pour les normes CDMA et CDMA2000.

FIGURE 2.1

Evolution des technologies mobiles³⁰



Nat.Spec.Man-2.01

Source: Agilent Technologies Inc., 2010.

³⁰ Agilent Technologies, Introducing LTE-Advanced, Etats-Unis d'Amérique: Agilent Technologies, Inc., 2010, p. 3.

Pour poursuivre avec succès cette migration, il importe que les décisions prises par l'organe directeur permettent de tirer les plus grands avantages possibles de la mise en oeuvre au niveau national de ces technologies:

- Attribuer de préférence, pour le déploiement des IMT évoluées, des bandes de fréquences harmonisées, comme l'ont recommandé l'UIT ou les organisations régionales, en tenant compte de l'évolution des besoins des utilisateurs et des avancées technologiques.
- Autoriser les opérateurs de réseaux mobiles à fournir une vaste gamme de services exploitant pleinement les débits de données des IMT évoluées de type DSL afin de pouvoir offrir des applications et des services évolués (par exemple conformément à la Recommandation UIT-M.1645, des exigences ont été fixées concernant la qualité des services: débit de 100 Mbit/s pour le scénario de mobilité élevée et de 1 Gbit/s pour le scénario de mobilité faible).

Ces décisions apportent, entre autres, les avantages suivants:

- Economies d'échelle liées aux données hertziennes évoluées.
- Production et accès aux terminaux et aux services mondiaux des IMT suite aux travaux de recherche-développement du secteur du mobile.
- Solution de données hertziennes évoluées pour les établissements d'enseignement, les entreprises et les entités des secteurs public et privé afin de réduire la fracture numérique.

Compte tenu de ce qui précède, il importe que les administrations réfléchissent à la meilleure façon d'optimiser l'utilisation des fréquences pour les applications de radiocommunication des dispositifs pilotés par logiciel, des systèmes de radiocommunication cognitifs, des systèmes utilisant l'architecture hertzienne ouverte et d'autres applications similaires qui utilisent le spectre de manière plus souple.

2.11.4 Libérer des fréquences et réaménager le spectre

Une méthode de planification des fréquences pourrait consister à éviter de délivrer des licences pour l'exploitation de systèmes de télécommunication faisant appel à des technologies anciennes qui n'utilisent pas efficacement le spectre (voir le Chapitre 6 pour plus d'informations sur l'efficacité d'utilisation du spectre).

Avant le passage à la télévision numérique, l'espacement des canaux de télévision prévu dans la norme américaine NTSC était de 6 MHz, 7 MHz (ondes métriques) et 8 MHz (ondes décimétriques) pour les systèmes SECAM et PAL; une certaine largeur de bande multipliée par le nombre de canaux dans la zone de service était nécessaire pour fournir le service en termes de qualité, de transparence, d'équité et d'efficacité. Au début des années 80 du XXe siècle, il fallait une largeur de bande par canal de 30 kHz pour les systèmes mobiles cellulaires à bande étroite. Aujourd'hui, ces valeurs ont changé en raison de l'arrivée de nouvelles technologies.

Aujourd'hui, il est possible de loger trois ou plus de trois canaux de TVHD sur une seule et même porteuse de 6 MHz: en utilisant la modulation MDPQ ou MAQ, on peut réduire de 2, 4, 8, ..., 128 fois le spectre dont a besoin une station MF de sorte qu'il est possible d'acheminer sur la même porteuse des volumes d'information plus importants; avec la modulation GSM-GMSK, 20 utilisateurs peuvent établir simultanément une communication avec une seule porteuse; la norme UMTS permet de prendre en charge autant d'utilisateurs que de codes possibles grâce à une porteuse à large bande; le nombre de codes qu'une carte peut stocker semble parfois illimité.

Les administrations peuvent envisager de mettre en oeuvre des techniques de redistribution des bandes de fréquences en utilisant des données heuristiques et des données empiriques. Elles peuvent accélérer le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique pour récupérer le spectre ainsi disponible et accroître la capacité spectrale.

Après avoir défini leurs besoins réels de spectre pour exploiter les divers équipements de radiocommunication dans différentes bandes de fréquences, les administrations doivent regrouper les informations sur les fréquences et les largeurs de bande qu'il est possible de libérer, et pour ce faire, il faut élaborer une législation adaptée. Etant donné qu'il n'est pas possible de prévoir les utilisations futures du spectre libéré, les administrations peuvent ménager une certaine souplesse pour pouvoir offrir une vaste gamme de services de radiocommunication dans l'avenir et utiliser les nouvelles technologies. Il faut également procéder à des études d'occupation et d'utilisation du spectre autorisé pour déterminer les mesures réglementaires à prendre afin de

libérer les fréquences qui sont utilisées de façon inefficace ou qui ne sont pas utilisées et de redistribuer ainsi le spectre ainsi libéré à d'autres fins.

Les administrations peuvent examiner quand un utilisateur doit renoncer à une bande de fréquences assignée (en totalité ou en partie) et migrer vers une bande de fréquences différente ou une autre plate-forme ou bien encore adapter l'utilisation de la bande de fréquences pour prendre en charge un autre utilisateur. Cette solution ne devrait pas être avantageuse pour l'utilisateur qui libère la bande de fréquences mais on peut se demander s'il faut fournir ou non une incitation à libérer la bande de fréquences, consistant à calculer une compensation juste tenant compte de facteurs tels que le coût que représente le fait de migrer vers une autre bande de fréquences et de supporter la même situation si l'utilisateur n'avait pas dû modifier sa situation actuelle.

2.11.5 Utilisation efficace des nouvelles technologies pour améliorer la réutilisation des fréquences

La réutilisation des fréquences peut être définie comme étant le nombre de fois que la même fréquence peut être utilisée dans une zone géographique donnée sans pénaliser les autres utilisateurs de la fréquence. La coordination des fréquences est habituellement l'un des éléments déterminants de la technique de réutilisation des fréquences. Le spectre peut être utilisé efficacement si l'on a recours à des techniques d'ingénierie évoluées permettant d'accroître la réutilisation des fréquences, de réduire la largeur de bande de canal, d'utiliser de meilleures techniques de codage et de meilleures stratégies de modulation afin d'améliorer l'accès au spectre, d'améliorer le partage des bandes sans brouillages, de définir de nouveaux critères de partage du spectre, d'élaborer des stratégies pour l'assignation des fréquences et les modalités d'utilisation du spectre et utiliser d'autres techniques d'ingénierie et d'exploitation. Ces activités influent directement sur la quantité de spectre nécessaire pour satisfaire la demande concernant un service de radiocommunication donné et les activités de planification. Les administrations savent utiliser les techniques de réutilisation des fréquences pour optimiser l'utilisation du spectre et procéder à leurs activités de planification compte tenu de cette réalité.

2.11.6 Subdivision des canaux

Il s'agit d'utiliser le spectre en procédant à une nouvelle planification des bandes; en d'autres termes, on utilise des canaux existants plus étroits. La subdivision des canaux permet de multiplier le nombre de canaux et facilite l'introduction de nouvelles technologies. Pour envisager une subdivision des canaux, il faut que le spectre considéré soit généralement très utilisé. Les autres points à étudier pour élaborer un plan de subdivision des canaux sont les suivants:

- *Continuité du service*: la redistribution doit se faire sans interruption du service.
- *Coûts*: utilisation d'une méthode permettant de réduire les coûts pour les utilisateurs du spectre.
- *Compatibilité*: il est essentiel qu'il y ait une certaine interopérabilité et une certaine rétro compatibilité car cela devrait améliorer les fonctionnalités qu'apportera la nouvelle technologie.
- *Risque*: un équilibre doit être trouvé entre les politiques visant à accroître la capacité fournie et les utilisateurs qui ont besoin de solutions comportant peu de risques.
- *Harmonisation*: harmonisation des activités (chaque fois que cela est possible) avec les pays voisins et au niveau international.

2.11.7 Chevauchement des services et partage des bandes de fréquences

Un partage efficace des bandes de fréquences pour un certain nombre de services peut jouer un rôle important pour réduire la demande de nouvelles bandes de fréquences. Il est essentiel d'identifier les bandes qui sont actuellement ou qui seront dans l'avenir utilisées en partage.

Un exemple type de chevauchement des services est la capacité des systèmes à pouvoir fonctionner efficacement moyennant un élargissement des bandes de fréquences. Des techniques comme le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM), l'accès multiple par répartition en code (AMRC) et l'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) sont couramment utilisées pour pouvoir exploiter des systèmes partageant les mêmes bandes de fréquences. Ces systèmes devraient être examinés au cas par cas en analysant spécifiquement les différents protocoles et les différentes architectures des services susceptibles de causer des

brouillages. Il faudra peut-être élaborer de nouvelles approches pour le partage du spectre, des stratégies relatives à l'attribution des fréquences et des modèles d'utilisation du spectre.

2.11.8 Utilisation du spectre non utilisé

Les politiques, la réglementation et les programmes relatifs à la planification du spectre devraient encourager l'utilisation des fréquences au-dessus de 40 GHz, en particulier pour les services qui ont besoin de bandes de fréquences attribuées en exclusivité et pour les applications large bande. Les fréquences au-dessus de 40 GHz sont habituellement peu utilisées. Dans cette partie du spectre peuvent être exploités des services à très grande largeur de bande et il est possible de réutiliser les fréquences car les cellules sont petites, les faisceaux étroits et l'affaiblissement de propagation important. Cette partie du spectre offre aussi divers avantages au niveau de la mise en oeuvre: il est possible d'utiliser des antennes plus petites, des ouvertures de faisceau plus étroites, des équipements moins volumineux et moins lourds; par ailleurs l'installation et la reconfiguration sont simples.

En outre, il est souhaitable que l'administration garantisse une large utilisation des bandes de fréquences couramment utilisées.

2.11.9 Considérations particulières

Plusieurs facteurs influent sur les avantages liés à l'utilisation des radiocommunications dans un pays donné: la taille du pays, sa situation géographique, la structure du sol, le nombre de pays voisins avec lesquels la coordination devra être effectuée et l'infrastructure radioélectrique.

En général, les pays qui ont de nombreux voisins devront coordonner la plupart de leurs systèmes de radiocommunication et par conséquent adapter leurs infrastructures de radiocommunication à celles des pays voisins. Plus l'infrastructure des pays voisins sera développée, plus il faudra coordonner l'utilisation du spectre pour pouvoir exploiter de nouveaux services sans problème. Ce n'est pas nécessairement un obstacle majeur dans les pays où la densité de population est faible et qui demandent moins d'assignations de fréquence.

A l'autre bout de l'échelle, les grands pays ont une marge de manoeuvre plus importante pour planifier l'exploitation de leurs services dans des bandes de fréquences particulières sans recourir à la coordination. Cette marge de manoeuvre est d'autant plus grande qu'ils ont peu de voisins. Les pays qui n'ont pas de voisins situés dans les limites de la distance de coordination, pour une fréquence particulière, bénéficient du fait qu'ils ont un accès illimité à cette fréquence en tout point situé dans les zones frontalières. Dans le présent chapitre, on entend par structure du sol, les régions montagneuses, les forêts denses et les zones désertiques. Conjuguée aux autres éléments de la géographie du pays et aux caractéristiques de population, la structure du sol permet de déterminer plus facilement les bandes de fréquences qui peuvent le mieux convenir pour tel ou tel service.

2.11.10 Concentration de population et encombrement du spectre

La géographie d'un pays et la distribution de la demande peuvent être combinées pour évaluer le degré de disponibilité des fréquences dans le pays. Il est très peu vraisemblable que la population soit équitablement répartie dans le pays et la population est concentrée dans divers centres urbains de taille différente. Concrètement, ce regroupement de la population devrait constituer un avantage pour la fourniture des services de radiocommunication mais le niveau de la demande peut être disproportionné par rapport à la zone dans laquelle cette demande a son origine et cela peut conduire à des problèmes de disponibilité des fréquences et, à terme, d'encombrement du spectre. L'encombrement du spectre est un problème important pour les administrations et de nombreuses autorités considèrent qu'il représente l'un des principaux facteurs à prendre en considération lors du choix d'un régime de prix pour le spectre. Par exemple, en Colombie, près de 93% de la population vit dans environ 44% de la superficie totale du pays³¹. Cette concentration de la population et de l'industrie engendre une forte demande pour tous les types de service (mobile, fixe, radiodiffusion) tout en limitant considérablement les possibilités de réutilisation des fréquences en raison des courtes distances de séparation. En outre, il faut coordonner l'utilisation de nombreuses bandes de fréquences avec les pays voisins

³¹ On trouvera davantage d'informations à: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20 et <http://www.todacolombia.com/>.

proches, ce qui représente une autre limitation pour la disponibilité du spectre. Les services de télécommunications mobiles ont enregistré une croissance spectaculaire et la concurrence entre les nouveaux opérateurs de télécommunication s'est intensifiée. Or, le déploiement des services est basé sur les principaux centres de population et les principales liaisons qui permettent une connexion. Par conséquent, il peut y avoir pénurie de spectre dans certaines parties du pays tandis que d'autres zones ne connaissent pas ce problème.

2.12 Amélioration du système de planification de la gestion du spectre

Les plans visant à améliorer le système de gestion sont souvent aussi importants que les plans nationaux relatifs à l'utilisation du spectre. L'élaboration de ces plans est calquée sur les plans d'utilisation du spectre dans la mesure où il faut tout d'abord définir la portée du plan, inventorier la capacité existante, recenser les exigences futures en matière de gestion du spectre, étudier les autres technologies et capacités disponibles, après quoi on déterminera les mesures à prendre pour aller de l'avant et traiter les besoins futurs en matière de gestion du spectre. Un examen particulier peut couvrir la totalité du processus mais il peut aussi être limité à une activité ou à une capacité bien définie, par exemple, un appui pour le traitement des données et les bases de données.

2.13 L'organisme administratif ou de gestion

L'établissement d'un organisme administratif ou de gestion assurant la direction et la supervision de la mise en oeuvre du programme de planification du spectre est nécessaire pour que les problèmes posés par les stratégies d'utilisation à long terme du spectre puissent être réglés. Il faudra intégrer dans les mécanismes de planification de cet organisme un système permettant de détecter rapidement les problèmes. Le processus pourra bénéficier de l'appui d'organes de planification spécialisés tels que des groupes de projet ou des groupes spécialisés ou encore des groupes d'étude.

La planification à tous les niveaux est toujours une tâche de première importance qui relève des gestionnaires et qui ne peut être déléguée, compte tenu des conséquences et de l'importance des décisions à prendre. Ces organes de planification sont chargés des tâches suivantes:

- mise au point de stratégies détaillées et résolution des problèmes que pose la transposition de politiques stratégiques en plans opérationnels;
- attribution de ressources financières et humaines;
- examen stratégique des procédures, des résultats et des besoins liés à la mise en oeuvre des stratégies;
- recommandations nécessaires concernant les corrections à apporter aux systèmes d'organisation et de gestion;
- tenue à jour des données de planification utilisées comme base pour la gestion des fréquences.

Bibliographie

- CEPT/ECC [septembre 2002] Report 16 – Refarming and Secondary Trading in a Changing Radio-communications World. European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT)/Electronic Communications Committee (ECC).
- NALBANDIAN, A. [février 1998] Etudes de l'UIT-R sur la gestion du spectre, Bureau des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications, Genève.
- NTIA [février 1991] NTIA Special Publication 88-21, NTIA TELECOM 2000 – Charting the Course for a New Century, Chapitre 9. National Telecommunications and Information Administration, U.S. Department of Commerce.
- NTIA [février 1991] NTIA Special Publication 91-23, U.S. Spectrum Management Policy: Agenda for the Future. National Telecommunications and Information Administration, U.S. Department of Commerce.
- NTIA [décembre 1991] NTIA TM-91-152, Assessment of Technological Forecasting for Use in Spectrum Management. National Telecommunications and Information Administration, U.S. Department of Commerce.

Textes de l'UIT-R

- | | |
|-----------------------|--|
| Manuel de l'UIT-R | Contrôle du spectre radioélectrique (Edition de 2011) |
| Manuel de l'UIT-R | Application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique (CAT) (Edition de 2005) |
| Rec. UIT-R SM.667 | Données nationales sur la gestion du spectre |
| Rec. UIT-R SM.856 | Nouvelles techniques et nouveaux systèmes économes du spectre |
| Rec. UIT-R SM.1047 | Gestion nationale du spectre |
| Rec. UIT-R SM.1131 | Facteurs à prendre en compte lors de l'attribution du spectre des fréquences radioélectriques à l'échelle mondiale |
| Rec. UIT-R SM.1132 | Principes généraux et méthodes de partage des fréquences entre services de radiocommunication ou entre stations radioélectriques |
| Rec. UIT-R SM.1599 | Détermination de la répartition géographique et en fréquence du facteur d'utilisation du spectre aux fins de la planification des fréquences |
| Rec. UIT-R SM.1603 | Redéploiement du spectre en tant que méthode de gestion nationale du spectre |
| Rapport UIT-R SM.2015 | Méthodes de détermination des stratégies nationales à long terme pour l'utilisation du spectre, Genève, 1998. |

CHAPITRE 3

Assignation des fréquences et octroi des licences**Table des matières**

	<i>Page</i>
Introduction	79
PARTIE A – Assignation des fréquences aux stations de radiocommunication	83
3.1 Aspects réglementaires du processus d'assignation des fréquences.....	83
3.2 Aspects techniques du processus d'assignation des fréquences	85
3.2.1 Procédures à suivre pour l'assignation des fréquences aux stations de radiocommunication	85
3.2.2 Informations à communiquer dans les demandes de fréquence	85
3.2.3 Méthodes d'analyse des brouillages pour la planification des fréquences en fonction du site	85
3.3 Plans de fréquences	88
3.3.1 Planification linéaire des fréquences en fonction du site	89
3.3.2 Assignation et planification des fréquences séquentielles.....	91
3.3.3 Méthode de planification des fréquences en fonction du site pour les systèmes cellulaires.....	93
3.3.4 Processus de planification souple des fréquences en fonction du site.....	94
3.4 Logiciels et automatisation	94
PARTIE B – Octroi de licences.....	98
3.5 Introduction.....	98
3.6 Nécessité de l'octroi de licences.....	98
3.7 Octroi de licences pour les stations de radiocommunication	99
3.8 Déréglementation en matière d'octroi de licences.....	100
3.9 Pratiques en matière d'octroi de licences	101
3.9.1 Octroi de licences pour les utilisateurs non commerciaux du spectre des fréquences radioélectriques	101
3.9.2 Octroi de licences aux utilisateurs commerciaux du spectre des fréquences.....	102
3.9.3 Octroi de licences pour les opérateurs de services de télécommunication utilisant le service fixe.....	103
3.9.4 Octroi de licences pour les services mobiles	104
3.9.5 Octroi de licences pour les services de radiodiffusion	105
3.10 Octroi de licences en ligne	106
3.10.1 Système d'octroi de licences en ligne simple	106
3.10.2 Système d'octroi de licences en ligne plus complexe	106

	Page
3.10.3 Système d'octroi de licences en ligne faisant intervenir plusieurs pays	107
3.10.4 Autres problèmes posés par l'octroi de licences en ligne	107
3.11 Problèmes liés à la sécurité de l'information.....	107
Références bibliographiques	108
Bibliographie	109

Introduction

Le présent Chapitre traite des aspects techniques et réglementaires du processus d'assignation de fréquence et d'octroi de licences applicable aux systèmes radioélectriques exploités par les différents pays. D'une part, les assignations de fréquence doivent permettre d'assurer le fonctionnement normal des systèmes radioélectriques existants ou nouveaux, avec la qualité de fonctionnement requise. D'autre part, compte tenu de la demande importante et toujours croissante du public, les procédures d'assignation de fréquence doivent garantir que les brouillages entre services de radiocommunication ou entre stations d'un même service ne dépassent pas le niveau admissible et que le spectre des fréquences radioélectriques et les orbites de satellites sont utilisés efficacement. Pour certaines applications (service de radiodiffusion ou service mobile) des fréquences appropriées pour différents emplacements peuvent être déterminées globalement, à l'avance, et ces fréquences sont assignées plus tard, lors de la mise en place ou de l'élargissement des réseaux, selon les besoins. C'est ce qu'on peut appeler un processus de planification par fréquence et par emplacement. Ce processus peut être un processus d'allotissement dans certains pays.

Un processus d'assignation de fréquence doit être mis en oeuvre au niveau national pour que l'utilisation de nouvelles fréquences ne cause pas de brouillages préjudiciables aux utilisateurs existants, au plan national ou international.

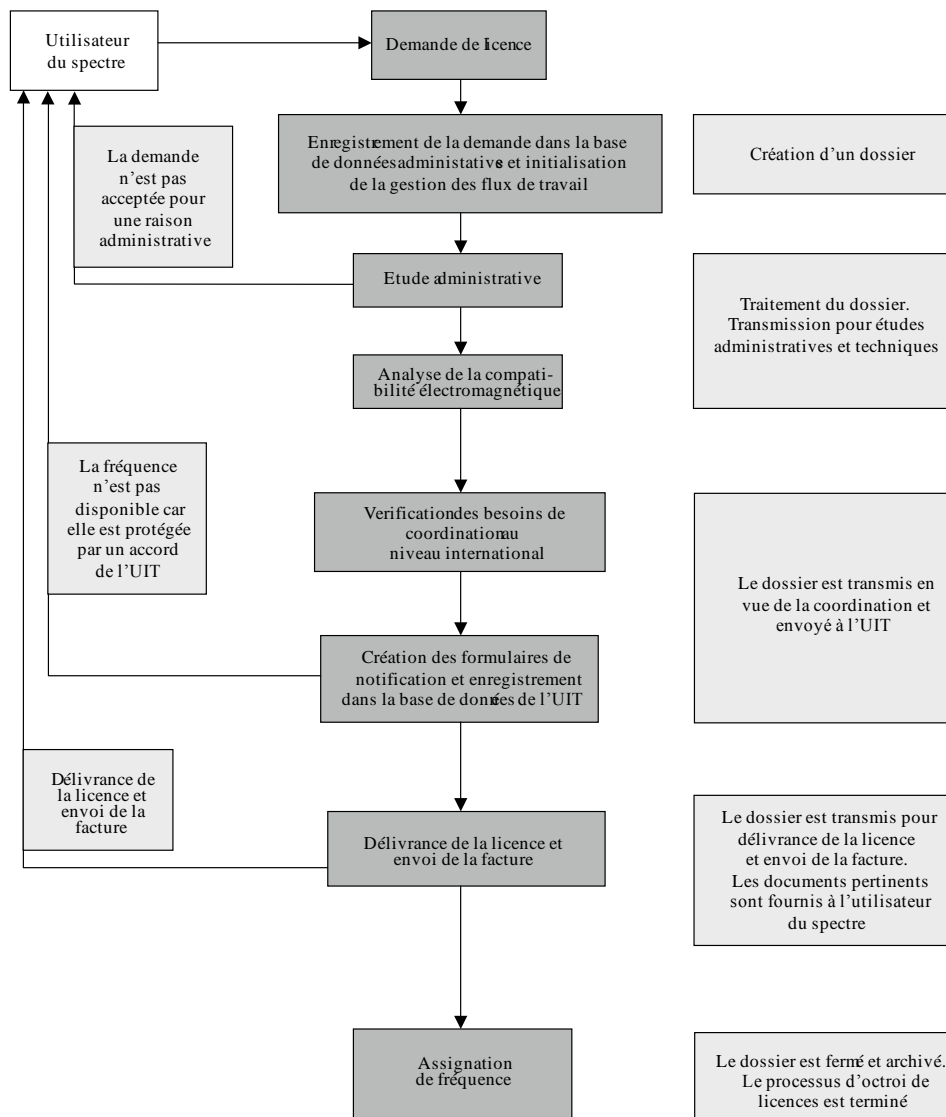
Dans le cadre de ce processus les besoins indiqués pour les services de radiocommunication proposés sont analysés ainsi que d'autres études connexes, et les fréquences sont assignées conformément à un plan national d'attribution des fréquences, lequel peut prévoir les mesures connexes qu'il faut prendre pour protéger les systèmes de radiocommunication d'un pays contre les risques de brouillage causés par les assignations d'un autre pays inscrites dans le Fichier de référence international des fréquences (MIFR). Il est possible de se procurer auprès de l'UIT une copie sur disque compact de ce fichier qui est mis à jour toutes les deux semaines dans la Circulaire internationale d'information sur les fréquences du BR (BR IFIC).

Une fois le processus d'assignation de fréquence mené à bien, on procède à l'octroi de la licence et les droits ainsi que d'autres éventuelles redevances sont fixés. La Figure 3.1 illustre la procédure générale utilisée pour traiter la demande associée d'assignation de fréquence. Cette procédure sert de base à la planification technique et administrative. La procédure administrative représente le gros du travail et mobilise la plus grande partie des effectifs dans de nombreuses organisations s'occupant de gestion des fréquences. La version opérationnelle de cette procédure, élaborée pour telle ou telle organisation s'occupant de gestion des fréquences, doit donc être mûrement réfléchi dès le stade de la planification (voir Chapitre 1). Elle doit aussi être revue à intervalles réguliers afin d'apporter les modifications nécessaires compte tenu de l'expérience acquise.

En règle générale, pour demander une assignation de fréquence, un utilisateur remplit et soumet un formulaire de demande (qui peut être différent selon le service de radiocommunication ou le groupe de services). Cette demande d'assignation de fréquence sera généralement jointe à la demande, plus générale, de licence d'exploitation pour le système radioélectrique considéré. Dans les cas où un simple permis ou une simple autorisation suffit (par exemple, lorsque le demandeur est un organisme public), les renseignements à fournir pour l'assignation de fréquence seront les mêmes que ceux qui ont été demandés pour l'octroi de la licence, abstraction faite de la plupart des informations d'ordre administratif ou commercial.

FIGURE 3.1

Procédure générale d'assignation de fréquence et d'octroi de licences



Nat. Spec. Man - 3.01

Les formulaires doivent contenir toutes les données administratives, techniques ou d'exploitation relatives aux stations d'émission et/ou de réception qui sont nécessaires pour effectuer l'analyse de compatibilité électromagnétique, ainsi que les données dont on a besoin pour la coordination au niveau national et/ou international. La ou les fréquences appropriées doivent être assignées pour que le processus d'octroi de licences arrive à son terme. Pour les systèmes de radiocommunication comportant plusieurs stations d'émission ou de réception, un formulaire de demande général suffira pour l'ensemble du système avec plusieurs formulaires détaillés pour les différentes stations. La structure des formulaires doit être calquée sur la séquence des données versées dans la base de données du système de gestion du spectre considéré afin de simplifier le processus d'entrée des données. Certains systèmes de gestion du spectre acceptent les entrées automatiques des données figurant sur les formulaires de demande dans un format lisible par une machine.

La Figure. 3.1 donne un exemple de schéma d'un sous-système type d'assignation de fréquence et d'octroi de licences d'un système de gestion du spectre.

Le schéma fonctionnel de la base de données (Figure 3.2) illustre des exemples des différentes entités possibles de la base de données et les liens entre chaque entité.

Toutes les entités utilisées sont décrites dans la Figure 3.2. Les entités principales apparaissent en bleu, les entités secondaires en blanc. Les Tableaux de moindre importance ou ceux concernant les aspects techniques ne sont pas indiqués mais sont inclus dans les blocs des entités. Les entités sont reliées par des liens. Chaque lien a une cardinalité. Par exemple, la relation:

site 0, n ----- 1,1 station

montre qu'un site peut être utilisé par un nombre quelconque de stations (compris entre 0 et n) et qu'une station n'utilise qu'un seul site. (Un site peut être utilisé par 0 à n stations et une station ne peut utiliser qu'un seul site.) Les entités sont ensuite regroupées dans un domaine pour indiquer l'utilisation fonctionnelle de chaque entité.

La base de données techniques et administratives comprend différents domaines: n

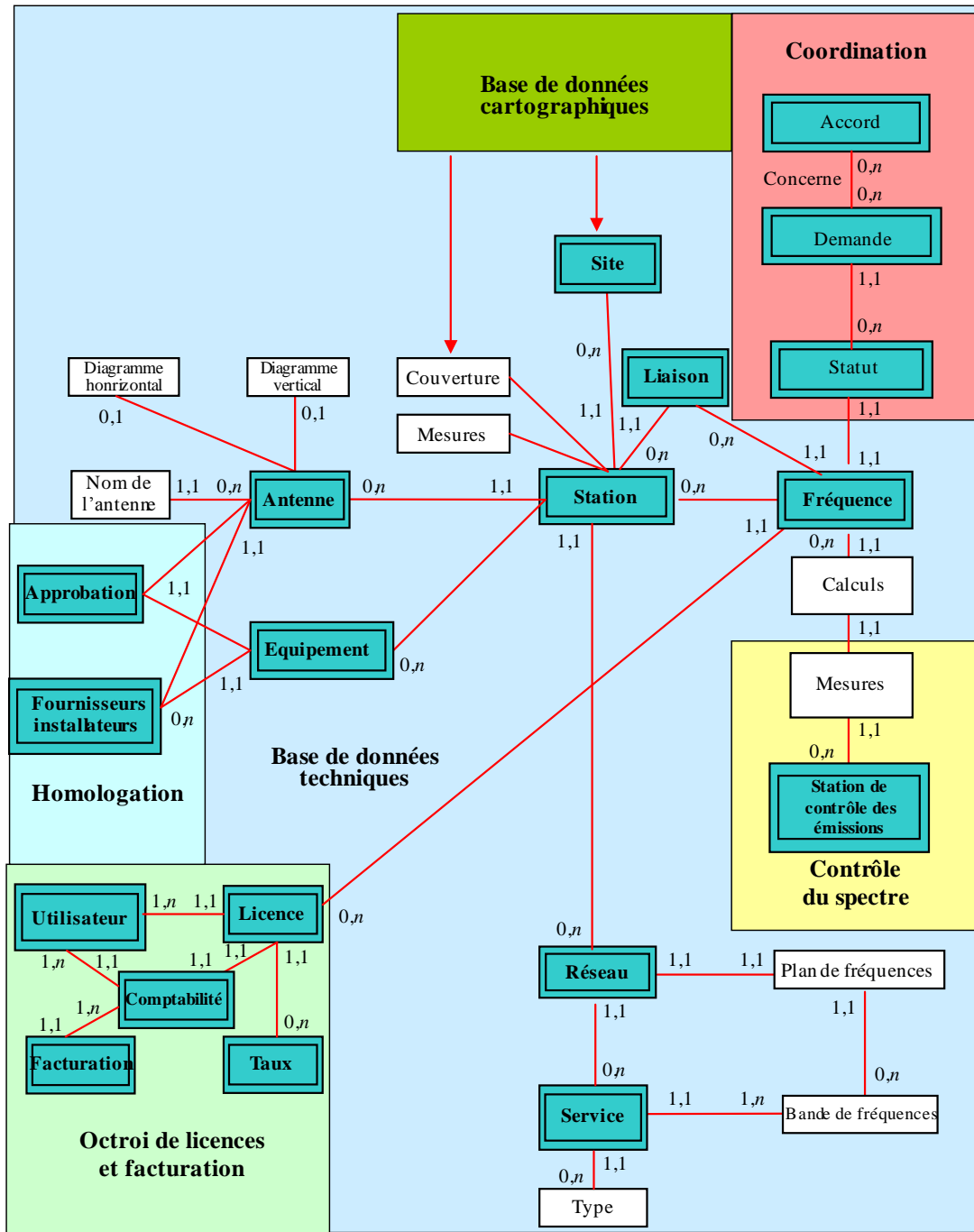
- le noyau: base de données techniques; et
- les extensions administratives: coordination, octroi de licences et facturation, homologation des équipements et statistiques concernant les activités.

Une fois qu'une fréquence a été assignée à une station d'émission ou de réception, toutes les données administratives, techniques ou d'exploitation figurant sur le formulaire de demande (avec les modifications éventuelles apportées pendant le processus d'assignation de fréquence) doivent être portées dans le registre national des fréquences. Il peut s'agir de la même base de données que celle de la Figure 3.2, l'ensemble des données ayant un statut différent (voir les Recommandations UIT-R SM.1370 et UIT-R SM.1604). Ce registre non seulement sert de référence pour choisir ultérieurement d'autres fréquences utilisables mais constitue aussi le document de base pour prendre les mesures concrètes qui s'avèrent nécessaires pour adapter la planification nationale aux besoins réels des divers utilisateurs. Il faut procéder avec soin pour établir et tenir à jour le registre national; il doit y avoir de la place dans ce registre pour enregistrer un nombre suffisant d'assignations et toutes les informations nécessaires pour décrire de façon claire et complète chaque assignation de fréquence. Etant donné que le logiciel et le matériel ne sont pas onéreux, il est recommandé d'utiliser une base de données informatique pour le traitement et l'enregistrement des assignations de fréquence (Manuel de l'UIT-R – Applications des techniques informatiques à la gestion du spectre (édition 2015)).

En plus des processus d'assignation de fréquence et d'octroi de licences décrits dans ce Chapitre, les gestionnaires du spectre pourront, dans certains cas, adopter des processus non soumis à obligation de licence pour certaines technologies, par exemple les systèmes WiFi, les systèmes WiMax, les systèmes RFID, les systèmes ultra large bande (UWB) et d'autres systèmes à courte portée.

FIGURE 3.2

Structure de la base de données du système de gestion du spectre aux fins de l'assignation de fréquence et de l'octroi de licences



Entité principale
 Entité secondaire
 Liaisons entre les entités
 1,n 1,n Cardinalité des liaisons entre entités
 Limites du domaine

PARTIE A

Assignation des fréquences aux stations de radiocommunication

L'assignation des fréquences est une partie centrale du processus de gestion du spectre et elle est nécessaire pour tous les services de radiocommunication. Les aspects réglementaires et techniques de ce processus d'assignation des fréquences sont examinés dans le présent paragraphe. Les questions administratives sont considérées comme faisant partie du processus réglementaire.

3.1 Aspects réglementaires du processus d'assignation des fréquences

Les organismes responsables de la gestion nationale du spectre devraient prévoir la mise en place d'un département spécialisé qui serait chargé de gérer l'assignation des fréquences aux systèmes de radiocommunication. Ce département s'occuperait à la fois des questions techniques et réglementaires. Selon la taille de l'organisme de gestion du spectre, la responsabilité de l'assignation des fréquences devrait être confiée à des individus ou à des cellules au sein du département.

Réglementation nationale: des groupes de gestion spéciaux relevant des organismes nationaux pourraient être chargés, en vertu d'un mandat approprié, de l'assignation des fréquences aux systèmes des différents services. Une autre solution pourrait consister à confier à un organe de gestion unique la responsabilité de gérer les attributions de fréquence aux différentes catégories de services. Ces groupes peuvent fournir des assignations de fréquence pour plusieurs services, y compris les services utilisant en partage des bandes de fréquences. La possibilité d'assigner des fréquences à des systèmes de radiocommunication particuliers utilisant des bandes de fréquences pour différents services ou différents utilisateurs pourrait être envisagée. Il appartient donc à l'administration nationale de décider des procédures à suivre pour l'assignation des fréquences et des méthodes à utiliser pour garantir l'utilisation efficace du spectre des fréquences radioélectriques.

Par exemple, en vertu du Règlement des radiocommunications de l'UIT, les services mobiles terrestres et les services de radiodiffusion utilisent en partage un certain nombre de bandes de fréquences, ces bandes étant attribuées à titre primaire au service de radiodiffusion. Les utilisateurs représentant les intérêts d'organisations gouvernementales pourraient avoir la priorité, pour ce qui est de l'utilisation du spectre, vis-à-vis des utilisateurs commerciaux qui bénéficient d'un statut moins élevé.

Toutes ces questions administratives et techniques ainsi que les questions concernant les enchères, les droits de licence, d'autres redevances éventuelles, les amendes, etc., devraient faire l'objet d'une réglementation nationale pertinente. Ces questions peuvent être regroupées dans une réglementation nationale sur les radiocommunications et/ou peuvent faire l'objet de décrets, d'ordonnances ou de règles distincts approuvés par les autorités nationales compétentes.

Procédures de coordination des fréquences: la coordination des fréquences consiste à obtenir un accord entre les utilisateurs du spectre qui existent déjà et un éventuel utilisateur lorsqu'il peut y avoir un conflit en matière d'utilisation du spectre. La coordination des fréquences fait intervenir des questions techniques, administratives, juridiques ou autres.

La coordination de l'utilisation nationale du spectre est une activité importante du département chargé de l'assignation des fréquences (voir la Figure 3.2). Cette coordination est essentielle car la même bande de fréquences est, en général, utilisée en partage par des systèmes de radiocommunication appartenant à des utilisateurs différents. Par exemple, des liaisons hertziennes peuvent être exploitées par différents organismes gouvernementaux, d'autres par des opérateurs nationaux ou locaux et d'autres encore par une ou plusieurs sociétés privées – toutes utilisant les mêmes attributions

de fréquences. Le processus de coordination doit être régi par des règles nationales appropriées. Tous les utilisateurs qui pourraient être touchés par la mise en service d'un nouveau système de radiocommunication ont l'obligation d'examiner les risques de brouillage avec cette assignation.

Les fréquences sont assignées compte dûment tenu des restrictions qui auraient pu être fixées concernant leur utilisation, lesquelles sont énoncées dans les règlements nationaux. Certains pays peuvent imposer à certains services des limitations locales en ce qui concerne l'utilisation de certaines bandes de fréquences bien précises. Il peut s'agir de restrictions concernant l'utilisation de certaines fréquences par des utilisateurs particuliers, ou bien

la puissance rayonnée par certains services exploités dans une bande de fréquences particulière ou dans certaines zones géographiques.

Dans certains cas, et en particulier pour l'assignation des fréquences dans des zones frontalières, il faut une coordination des fréquences au niveau international. Le spectre doit être partagé entre les administrations, entre les services de radiocommunication et entre les stations. Cela étant, chaque administration est autonome. Il est donc évident que le meilleur moyen de servir les intérêts de chaque administration est d'obtenir un accord international sur les règles et procédures générales à suivre pour la gestion du spectre. Le principal objectif est d'éviter les brouillages inacceptables entre stations relevant de différentes administrations. Dans cette optique, les procédures de coordination qui auront été concertées doivent guider les administrations ayant des frontières communes sur la façon dont elles peuvent échanger des informations et prendre toutes les mesures nécessaires pour faire en sorte qu'il n'y ait pas de brouillages préjudiciables.

La principale méthode de coordination des assignations de fréquence pour les services de Terre dans les zones frontalières consiste à partager les ressources de fréquence disponibles de façon équitable entre les différentes parties concernées ou, s'il y a une grande différence dans le nombre d'assignations de fréquence ou le volume de la population vivant dans une zone frontalière, à répartir ces assignations de fréquence proportionnellement entre les différentes parties. Une partie pourra utiliser un ensemble de fréquences convenu et une autre partie un autre ensemble. Les conditions de brouillage acceptables seront convenues entre les différentes parties et les assignations de fréquence concernées seront vérifiées compte tenu des critères qui auront été fixés selon les procédures de calcul convenues. Le processus de coordination peut se subdiviser en trois grandes parties: dispositions administratives, échange d'informations et calculs techniques. Les procédures internationales types de coordination des fréquences font l'objet de diagrammes dans la Recommandation UIT-R SM.1049 qui donne des indications détaillées concernant les procédures de coordination pour les assignations de fréquence aux services de Terre. D'autres informations concernant les questions d'ingénierie du spectre se rapportant à la coordination sont données dans le Chapitre 5. Les calculs des distances et des zones de coordination sont parfois simples à effectuer de façon manuelle. Dans d'autres cas, ces calculs peuvent être complexes et prendre du temps et l'utilisation d'analyses informatiques est alors essentielle.

L'Accord de Vienne, 2000³² est un exemple possible d'accord multilatéral d'attribution de fréquences préférentielles pour les services fixe et mobile terrestre au niveau régional. Cet Accord contient non seulement toutes les procédures réglementaires mais aussi tous les critères techniques et les méthodes de calcul nécessaires. Un logiciel approprié est joint à cet Accord. Tous ces documents peuvent aussi être utilisés avec profit au niveau national. Les principales dispositions de l'Accord de Vienne sont reprises dans la Recommandation UIT-R SM.1049. La coordination des fréquences de stations de radiodiffusion dans des zones frontalières est un autre exemple de coordination internationale des fréquences.

Le fait pour un pays que ses assignations de fréquence soient enregistrées à l'UIT confère à ces assignations une reconnaissance internationale et, pour certains services et certains plans de fréquences, une protection pour l'exploitation de la station considérée. Il est dans l'intérêt de l'administration d'enregistrer toutes les assignations de fréquence dont elle pense qu'elles peuvent avoir besoin d'une protection contre les brouillages causés par d'autres utilisateurs au niveau international³³.

Les procédures régissant la notification et l'inscription des assignations de fréquence dans le Fichier de référence international des fréquences peuvent grosso modo se subdiviser en quatre phases: la coordination, la notification, l'examen et l'inscription. Les procédures à suivre figurent dans le RR. Lorsqu'une fréquence est assignée conformément à un plan d'allotissement ou à un plan d'assignation régional, le plan en question peut aussi indiquer les procédures de coordination à suivre.

Il appartient aussi aux organismes nationaux d'examiner les éventuelles propositions concernant l'utilisation de nouvelles fréquences ou les modifications à des assignations de fréquence existantes qui sont annoncées dans le cadre de la BR IFIC. L'objet de cet examen est de faire en sorte que les besoins de fréquence publiés susceptibles

³² Depuis 2001, l'Accord de Vienne de 2000 est aussi appelé Accord de Berlin.

³³ Il faut noter qu'il peut y avoir de nombreux cas dans lesquels cette coordination n'est pas nécessaire, en particulier dans des pays géographiquement étendus ou des pays qui sont isolés de leurs voisins les plus proches.

de causer des brouillages préjudiciables aux services de radiocommunication, exploités ou en projet, d'un pays fassent l'objet d'observations avant la date indiquée par le BR.

3.2 Aspects techniques du processus d'assignation des fréquences

Dans la plupart des cas, il s'agit de s'entendre sur une fréquence qui permettra au demandeur d'avoir le niveau de service requis tout en assurant la protection contre les brouillages à la fois du demandeur et des opérateurs bénéficiant déjà d'une licence. Compte tenu de la nécessité d'utiliser efficacement le spectre il faut aussi faire en sorte que la fréquence soit assignée de façon à pouvoir satisfaire au mieux les futures demandes d'assignations de fréquence.

3.2.1 Procédures à suivre pour l'assignation des fréquences aux stations de radiocommunication

On pourra se servir des éléments suivants:

- a) une base de données informatiques comportant un registre national des fréquences, c'est-à-dire un ensemble de blocs de données associés à toutes les stations de radiocommunication en service, donnant des informations administratives sur ces stations, leurs coordonnées géographiques et leurs caractéristiques techniques;
- b) une mention particulière des assignations de fréquence qui ont été coordonnées avec d'autres administrations;
- c) une base de données topographiques qui peut être utilisée pour calculer le niveau des signaux utiles et des signaux brouilleurs, compte tenu des différents profils des trajets de propagation;
- d) une bibliothèque électronique des émetteurs et récepteurs homologués ainsi que des antennes et des bibliothèques des critères de planification des fréquences (valeurs minimale/nominale du champ utilisable, rapports de protection, niveaux de brouillage admissibles, etc.);
- e) une analyse de compatibilité électromagnétique comportant diverses techniques de calcul (voir Chapitre 5); et
- f) une bibliothèque électronique des droits de licence et autres redevances perçus au titre de la gestion du spectre ou des calculs nécessaires pour les déterminer.

3.2.2 Informations à communiquer dans les demandes de fréquence

Il est hautement souhaitable que les formats des demandes soumises au niveau national soient, dans la mesure du possible, conformes aux dispositions des Recommandations de l'UIT-R et contiennent toutes les données utilisées par le BR, comme indiqué dans la BR IFIC et les plans de fréquences régionaux appropriés.

3.2.3 Méthodes d'analyse des brouillages pour la planification des fréquences en fonction du site

Une analyse des brouillages devient nécessaire lorsqu'on effectue une planification des fréquences en fonction du site pour des réseaux de radiocommunication ou de radiodiffusion exploités au niveau international ou national et lorsqu'on procède à une coordination des fréquences entre les administrations de différents pays.

Dans cette analyse des brouillages on commence par déterminer les champs des signaux utiles et des signaux brouilleurs en un point de réception ou en bordure de la zone de service, par exemple pour des systèmes de radiodiffusion ou des systèmes point à multipoint puis on compare les niveaux avec les critères fixés pour le champ nominal/minimal utilisable et les rapports de protection pour le service de radiocommunication concerné. A cet égard, il est très important de suivre les définitions des différents niveaux de brouillage figurant dans le RR. Ce Règlement donne les définitions suivantes des brouillages et des rapports de protection:

1.166 *brouillage*: Effet, sur la réception dans un système de *radiocommunication*, d'une énergie non désirée due à une *émission*, à un *rayonnement* ou à une induction (ou à une combinaison de ces *émissions*, *rayonnements* ou inductions), se manifestant par une dégradation de la qualité de transmission, une déformation ou une perte de l'information que l'on aurait pu extraire en l'absence de cette énergie non désirée.

1.167 *brouillage admissible*³⁴: *Brouillage* observé ou prévu, qui satisfait aux niveaux de *brouillage* et aux critères quantitatifs de partage fixés dans le présent Règlement ou dans des Recommandations de l'UIT-R ou encore dans des accords particuliers dont la possibilité est prévue dans le présent Règlement.

1.168 *brouillage accepté*³⁴: *Brouillage*, supérieur à celui défini comme admissible, qui a fait l'objet d'un accord entre deux ou plusieurs administrations sans porter préjudice aux autres administrations.

1.169 *brouillage préjudiciable*: *Brouillage* qui compromet le fonctionnement d'un *service de radionavigation* ou d'autres *services de sécurité* ou qui dégrade sérieusement, interrompt de façon répétée ou empêche le fonctionnement d'un *service de radiocommunication* utilisé conformément au Règlement des radiocommunications (CS).

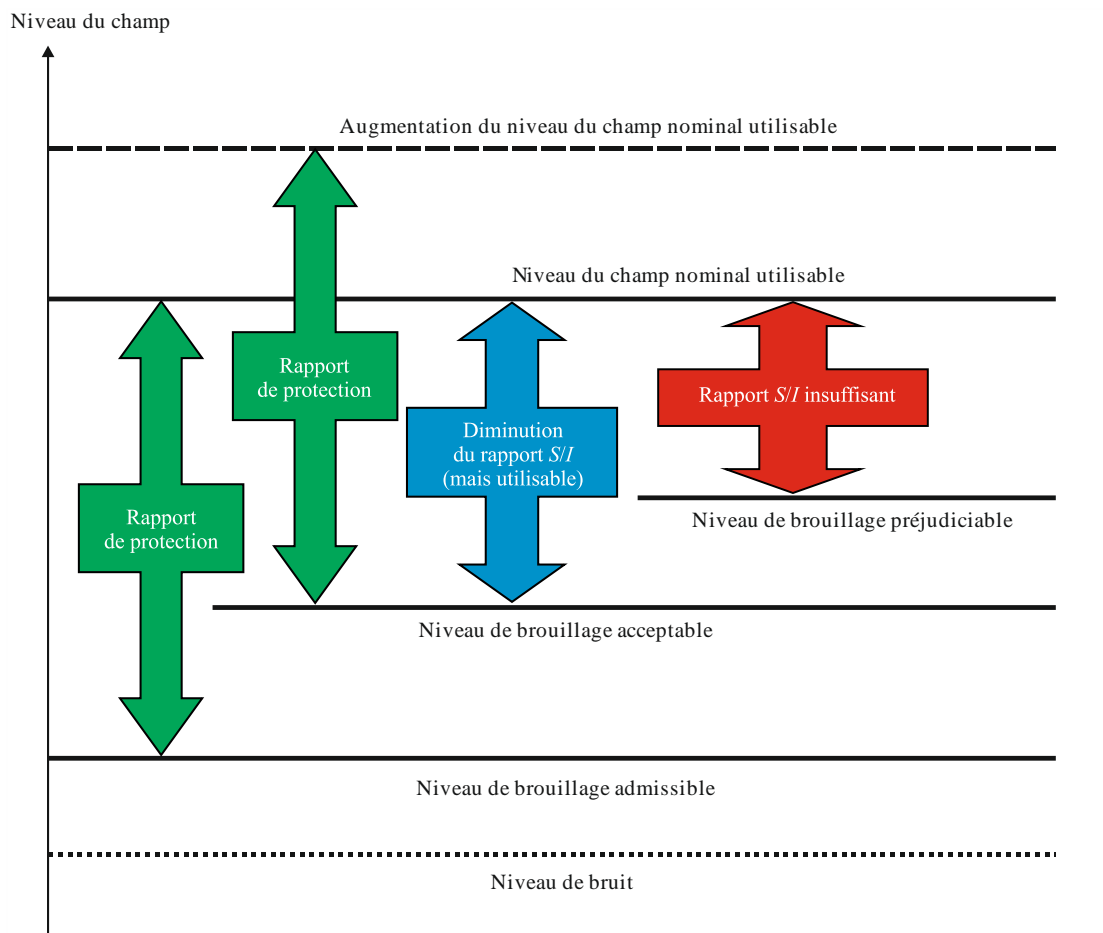
1.170 *rapport de protection* (R.F.): Valeur minimale généralement exprimée en décibels du rapport signal utile/signal indésirable à l'entrée d'un récepteur, déterminé dans des conditions spécifiées, permettant d'obtenir une qualité de réception donnée du signal utile à la sortie du récepteur.

Dans le Règlement, les termes de *brouillage admissible* et de *brouillage accepté* sont utilisés pour la coordination des assignations de fréquence entre les administrations. Dans la pratique toutefois, ces termes sont aussi utilisés pour la planification et la coordination des assignations de fréquence entre les utilisateurs du spectre au niveau national.

La relation entre, d'une part, le *brouillage préjudiciable* et, d'autre part, le champ nominal utilisable, le *rapport de protection* et le *brouillage admissible* (Recommandation UIT-R BS.638) pour certains services de radiocommunication de Terre, dans le cas d'une seule source de brouillage, est présentée à la Figure 3.3.

³⁴ **1.167.1** et **1.168.1** Les expressions «brouillage admissible» et «brouillage accepté» sont utilisées pour la coordination des assignations de fréquence entre les *administrations*.

FIGURE 3.3
Relations entre les niveaux du signal utile et du signal brouilleur



Nat.Spec.Man-3.03

Le champ nominal utilisable est un facteur important dans la planification et la coordination des fréquences. Il représente le niveau du signal reçu (ou supposé) en provenance de l'émetteur utile qui permet une réception du signal (ou une qualité de fonctionnement) suffisante en présence du signal brouilleur provenant d'autres émetteurs. Le niveau des signaux indésirables dans le même canal doit être bas si l'on veut éviter les brouillages. Les limitations imposées aux signaux indésirables correspondent au *rapport de protection* (ou marge) (voir les deux flèches le plus à gauche sur la Figure 3.3). Le niveau du signal brouilleur correspondant est défini comme le niveau du signal de *brouillage admissible* ou le niveau du signal de *brouillage accepté* (reçu ou supposé).

Dans de nombreux cas, il est inutile ou difficile d'assurer une protection contre les brouillages. Le service peut être assuré même en présence de signaux brouilleurs de faible intensité ou occasionnels. Le niveau du signal qui définit cette situation est légèrement plus élevé que le niveau de *brouillage admissible* et il correspond au *brouillage accepté* causé par le signal non désiré. Voir la définition donnée au numéro **1.168** du RR. Toutefois, dans cette situation, on peut obtenir une qualité de fonctionnement suffisante du système. Le même *rapport de protection* est utilisé pour définir «l'augmentation du niveau du champ nominal utilisable».

Comme le montre la Figure 3.3, les conditions du brouillage acceptable peuvent être remplies si l'on augmente le «niveau du champ nominal utilisable» ou le rapport signal/brouillage (*S/I*). Toutefois, une augmentation du niveau du signal brouilleur se traduira en fin de compte par un rapport *S/I* insuffisant et conduira à des brouillages préjudiciables.

Les niveaux du signal utile et du signal brouilleur ne sont pas constants dans le temps et varient en intensité en raison de l'évanouissement du signal. Pour obtenir la qualité de réception voulue on prévoit généralement des marges supplémentaires pour les valeurs nominales du champ utilisable. Elles peuvent être comprises entre 6 et 12 dB, voire plus pour certains systèmes hertziens point à point, pour des pourcentages de temps importants.

Les valeurs particulières indiquées dans la Figure 3.3 sous forme générale pour le «niveau du champ nominal utilisable» et le *rapport de protection* dépendent du service considéré, de la bande de fréquences, de la qualité de service et d'autres facteurs. Dans les systèmes de gestion automatisée du spectre existants ces valeurs sont regroupées dans des bibliothèques qui sont utilisées pour les procédures d'assignation des fréquences et de la planification des fréquences en fonction du site.

Parfois, on parle pour des réseaux de radiocommunication bien développés de réseaux sans brouillage. En fait il s'agit de réseaux qui sont conçus pour respecter certaines conditions de brouillage bien précises prises pour hypothèse. Pour une exploitation véritablement exempte de brouillage (lorsque le brouillage est négligeable) il faut prévoir des espacements géographiques importants entre stations utilisant les mêmes fréquences ou des fréquences adjacentes, ce qui se traduira par une diminution de l'efficacité d'utilisation du spectre. Ainsi, le spectre est utilisé de façon efficace lorsque toutes les stations des réseaux sont exploitées avec des niveaux admissibles de brouillage qui peuvent être différents pour les stations selon les services de radiocommunication. En d'autres termes, la notion de *brouillage admissible* joue un rôle positif dans la planification des fréquences en fonction du site. Par ailleurs, le niveau de *brouillage admissible* est un indicateur de la qualité de transmission requise et aussi de l'efficacité d'utilisation du spectre.

Les techniques d'analyse des brouillages sont examinées en détail dans le Chapitre 5.

3.3 Plans de fréquences

La planification des fréquences suppose une répartition optimale, du point de l'efficacité d'utilisation du spectre, d'un ensemble donné de canaux de fréquences entre stations de base et stations de radiodiffusion qui forment un réseau de communication mobile ou un système de radiodiffusion (télévisuelle ou sonore). La planification peut aboutir à une formule permettant d'assurer la couverture la plus complète possible de la zone dans laquelle le réseau considéré est exploité.

Pour la planification on peut partir de l'hypothèse que les conditions topographiques et géographiques sont uniformes dans les zones pour lesquelles le plan est élaboré. Cette hypothèse permet d'utiliser les estimations standard concernant l'affaiblissement de propagation. Les plans ainsi obtenus permettent d'assurer une couverture uniforme de la zone mais ne tiennent pas compte des différences dans la demande ou dans les conditions liées à la diversité des emplacements à l'intérieur de la zone de planification. Dans ces cas, le «plan de référence» permettra d'apporter les modifications nécessaires (lesquelles nécessitent parfois une coordination particulière). Dans d'autres cas, le plan de référence permet de procéder à un premier aménagement des sites et des fréquences qui doivent être modifiés compte tenu de l'expérience pratique acquise. Compte tenu de l'accent mis récemment sur la souplesse dans la planification des fréquences, on peut penser que pour les plans des sites de ce type les possibilités de modification future ont été soigneusement prévues.

L'existence de programmes informatiques de couverture du spectre et d'assignation des fréquences rend l'adaptation de ces plans plus facile. A noter qu'il n'appartient pas nécessairement aux organismes de réglementation de fournir ces plans. Par exemple, pour la téléphonie cellulaire, ce sont les opérateurs qui fournissent en général ce type de plan.

En plus des cinq méthodes décrites ci-dessus, on peut utiliser d'autres plans d'assignation de fréquences. Traditionnellement, on a utilisé deux méthodes pour l'élaboration d'un plan de fréquences, à savoir:

- la planification avec quadrillage – répartition systématique et régulière d'un point de vue géographique des ressources de fréquences sur une zone;
- la planification sans quadrillage – répartition pseudo-aléatoire mais à grande efficacité spectrale des ressources de fréquences sur une zone.

L'une ou l'autre des deux méthodes convient dans l'un ou l'autre cas et peut être utilisée avec les contraintes précitées. Pour ce qui est du choix d'une ou de méthode(s) de planification, les méthodes avec quadrillage ont donné de bons résultats pour la plupart des plans de radiodiffusion antérieurs et seront adoptées pour la

planification de la radiodiffusion numérique dans les zones où les caractéristiques des besoins sont relativement uniformes. Ces méthodes sont utilisables essentiellement dans les zones où les assignations analogiques existantes ou en projet sont converties en assignations numériques et feront partie du plan numérique.

Toutefois, dans les zones où les besoins de radiodiffusion numériques ne sont pas uniformes (par exemple, zones de couverture de différentes tailles ou conditions de réception diverses) et lorsqu'on a besoin de stations de radiodiffusion télévisuelle et/ou sonore numériques dans des zones où il y a déjà des réseaux de stations analogiques, la planification sans quadrillage sera, très vraisemblablement, le meilleur moyen d'avoir la couverture souhaitée et de parvenir à l'utilisation la plus efficace possible du spectre disponible. Ces méthodes permettent d'ajouter des assignations qui ne sont pas réparties dans l'ensemble de la zone de façon régulière et pour lesquelles les zones de service peuvent ne pas avoir la même taille.

Le processus de planification dans l'une ou l'autre méthode se compose d'une «analyse de compatibilité» et d'«une synthèse». L'analyse permettra de déterminer les incompatibilités et de leur apporter une solution.

Le processus de planification peut se résumer comme suit:

- Etape 1:* Soumission des besoins pour la radiodiffusion numérique.
- Etape 2:* Identification des stations de radiodiffusion analogique et des autres services qui doivent être pris en compte.
- Etape 3:* Réalisation des analyses de compatibilité.
- Etape 4:* Evaluation des résultats de l'Etape 3.
- Etape 5:* Données administratives concernant la compatibilité entre les besoins avec retour à l'Etape 3 si nécessaire.
- Etape 6:* Réalisation d'une synthèse qui aboutit à l'élaboration d'un plan.
- Etape 7:* Examen des résultats et retour à l'Etape 5 puis à l'Etape 3 si le résultat souhaité n'est pas obtenu.
- Etape 8:* Adoption du plan final.

3.3.1 Planification linéaire des fréquences en fonction du site

La planification linéaire des fréquences en fonction du site a été mise au point par l'Institut de radiodiffusion de Hambourg (Allemagne). Elle a été utilisée à de nombreuses conférences internationales sur la radiodiffusion (Stockholm, 1961; Genève, 1963; CARR 1+, Genève, 1984).

Cette méthode peut aussi être appliquée à la planification des fréquences pour les systèmes de radiocommunication mobiles [Gamst, 1982 et Hale, 1981], y compris les systèmes cellulaires.

Elle est basée sur les hypothèses théoriques suivantes:

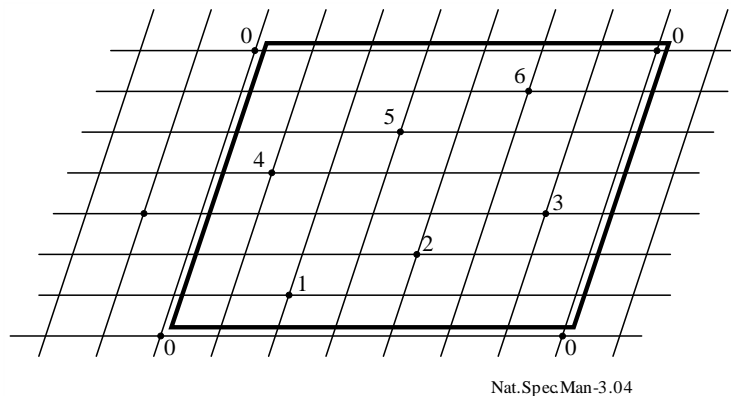
- tous les émetteurs sont identiques et ont la même puissance en sortie et la même hauteur d'antenne;
- les diagrammes de rayonnement des antennes sont isotropes dans le plan horizontal; et
- les affaiblissements de propagation sont indépendants de la direction de propagation et de la fréquence.

Avec ces hypothèses, la limite de la zone de service de chaque émetteur est un cercle dont le rayon dépend du type de service (radiodiffusion sonore ou télévisuelle, radiodiffusion mobile, etc.) et des caractéristiques de propagation dans la gamme de fréquences considérée.

En appliquant cette méthode on obtient un plan du réseau d'émetteurs homogène dans lequel les émetteurs «cocanal» les plus proches sont les points nodaux d'un quadrillage géométrique régulier tracé sur la surface de la Terre. Dans chaque quadrillage, il y a six émetteurs cocanal.

Dans la Figure 3.4 les émetteurs sont répartis régulièrement dans le quadrillage et on dispose de sept assignations cocanal. Le réseau théorique est formé d'une grille constituée par des axes de coordonnées obliques avec un angle de 60°.

FIGURE 3.4

Quadrillage régulier pour les stations de radiocommunication

Le losange cocanal aux points nodaux auxquels les émetteurs utilisant le canal de fréquences $i = 0 \dots$ sont situés est indiqué en gras. Les émetteurs les plus proches de celui qui est situé à l'origine sont numérotés $1 \dots 6$. Le losange cocanal aux points nodaux de la station numérotée 0 est appelé losange cocanal principal. Les stations de radiocommunication dont les emplacements sont numérotés $i = 1 \dots 6$ sont situées en des points nodaux à l'intérieur du losange cocanal. L'attribution des numéros entre les stations de radiocommunication situées dans le losange est la même pour chaque losange adjacent.

On utilise les données d'entrée suivantes:

- rayon de la zone de service devant être couverte par un émetteur du réseau;
- distance admissible entre émetteurs utilisant différents canaux de fréquences.

L'exercice de planification aboutit aux paramètres suivants pour un réseau d'émetteurs régulier:

- nombre minimum requis de canaux de fréquences;
- nombre de canaux de fréquences désignés pour les stations de radiocommunication du réseau planifié;
- distance effective entre les émetteurs utilisant différents canaux de fréquences i ; et
- coordonnées d'un noeud du réseau (situé dans le losange cocanal principal) où est située la station de radiocommunication fonctionnant sur le canal i .

On utilise une méthode différente pour calculer les distances entre les émetteurs utilisant des canaux de fréquences différents pour que le niveau de brouillage mutuel entre les différentes zones de service ne dépasse pas les valeurs acceptables préalablement déterminées.

On notera que, dans la pratique, les réseaux d'émetteurs n'ont pas la forme géométrique rectangulaire représentée dans la Figure 3.4 et que leur qualité de fonctionnement technique est sans rapport avec celle du réseau théorique. Les écarts par rapport à la forme géométrique régulière, aux puissances et aux hauteurs d'antenne théoriques ont pour effet de réduire inévitablement l'efficacité d'un plan de fréquences. Néanmoins, en utilisant la méthode susmentionnée, on peut avoir une bonne indication de l'efficacité d'un plan de fréquences compte tenu des limites qui ont été imposées aux données d'entrée qui ont été utilisées pour élaborer ce plan.

Comme on l'a déjà dit l'élaboration d'un plan de fréquences à l'aide des méthodes susmentionnées est une opération de nature heuristique qui ne se prête pas aisément à une normalisation.

Les résultats de la planification linéaire des fréquences peuvent être appliqués comme suit. La grille d'émetteurs d'un réseau théorique planifié est indiquée sur une carte de la zone concernée et un canal de fréquences désigné est assigné à l'emplacement qui est le plus proche du noeud de la grille. Lorsqu'on assigne des canaux de fréquences à tel ou tel emplacement sur la carte, il est possible de modifier la puissance

d'émission, la hauteur d'antenne, etc., par rapport aux valeurs qui ont été adoptées pour les besoins de la planification.

Une fois le plan établi, il faut vérifier le rayon de la zone de service pour chaque émetteur du réseau et pour cela on utilise des méthodes de prévision plus précises ainsi que les données effectives pour chaque site.

Dans certains cas, en particulier pour la radiodiffusion, on a besoin de plusieurs canaux de fréquences pour chaque emplacement et non d'un seul. Pour ce faire on a recours à la planification linéaire utilisant plusieurs quadrillages réguliers comparables à condition que les différences de fréquences des canaux pour chaque emplacement soient les plus grandes possibles. D'autres limites peuvent être imposées compte tenu de la nécessité d'éviter les brouillages par intermodulation.

3.3.2 Assignation et planification des fréquences séquentielles

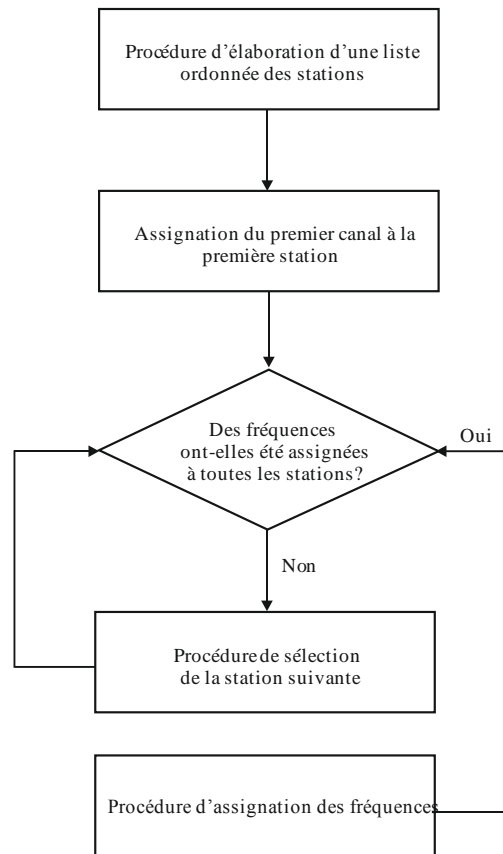
On essaie de trouver une fréquence pour chaque station d'une liste de stations à partir d'une liste fixe de fréquences disponibles.

On a besoin des données d'entrée suivantes pour planifier un réseau selon cette méthode:

- a) une liste des stations de base ou des stations de radiodiffusion auxquelles il s'agit d'assigner des fréquences, avec indication des coordonnées géographiques de ces stations;
- b) une liste des canaux de fréquences disponibles; et
- c) un tableau indiquant la distance requise entre des stations de radiocommunication en fonction de leur espacement en fréquence.

La Figure 3.5 représente un organigramme général de l'algorithme à utiliser. Cet algorithme de planification des fréquences comporte trois procédures. La première concerne l'établissement d'une liste ordonnée de stations pour lesquelles des fréquences doivent être désignées. L'ordre des stations de radiocommunication dans la liste correspond au volume de travail nécessaire pour désigner une fréquence pour l'émetteur. En particulier ce volume de travail peut être défini par le nombre de stations situées dans la zone de brouillage cocanal d'une station donnée. Plus les stations sont nombreuses dans cette zone, plus il est difficile de désigner une fréquence pour la station considérée et plus vite elle apparaît dans la liste.

FIGURE 3.5

Algorithme général de planification des fréquences

Nat S nec. Man-3.05

On commence par désigner les fréquences pour la première station de la liste à laquelle est assigné le premier canal de fréquences (canal le plus bas).

Pour choisir une à une les stations de radiocommunication suivantes dans la liste et pour leur attribuer une fréquence, on applique de façon séquentielle plusieurs procédures conçues à cette fin. La procédure la plus simple consiste à faire en sorte que le rang de priorité des stations de radiocommunication qui a été retenu corresponde à leur ordre dans la liste.

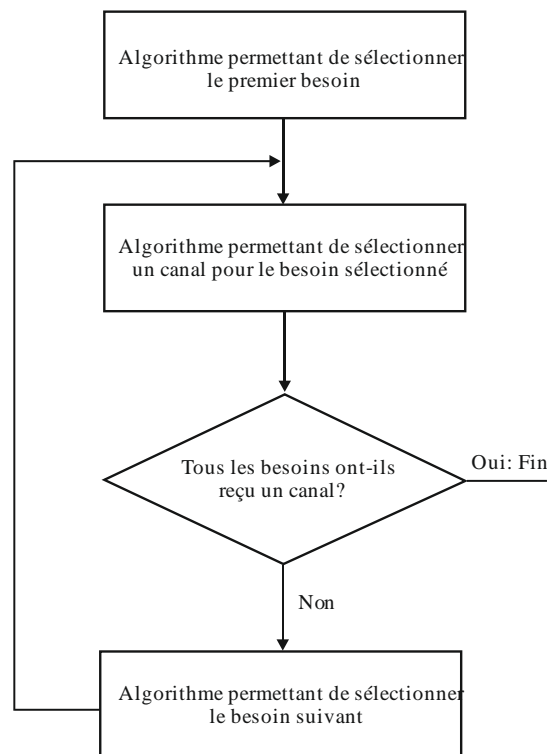
Dans la pratique un problème se pose parfois pour attribuer des fréquences à de nouvelles stations de radiocommunication. Les besoins de ces stations doivent être satisfaits avec les assignations de réseaux existantes. Par exemple, la procédure peut devenir complexe pour un système de télévision qui a besoin d'un certain nombre de répéteurs à faible puissance couvrant de petites zones de service (où il est difficile, voire impossible, de recevoir les programmes diffusés par les stations de télévision à grande puissance), le but étant d'assurer la couverture totale du territoire d'un pays.

Ce problème particulier de planification des fréquences pour un sous-système de télévision à faible puissance peut être résolu en utilisant la méthode décrite par [O'Leary, 1984; Hunt K.J., 1984 et Stocer, F., 1984].

L'organigramme de la méthode de planification adoptée par la CRR-04 pour la planification du service de radiodiffusion numérique de Terre dans certaines parties des Régions 1 et 3 est illustré dans la Figure 3.6.

FIGURE 3.6

**Organigramme général d'une planification séquentielle
comportant une synthèse des fréquences**



Nat.Spec.Man-3.0:

3.3.3 Méthode de planification des fréquences en fonction du site pour les systèmes cellulaires

Au cours des quelques dernières décennies, le service mobile terrestre a connu une forte croissance, en particulier lorsque les systèmes cellulaires mobiles ont été mis en service. Ces systèmes utilisent le spectre des fréquences radioélectriques de façon très efficace car le nombre d'utilisateurs par bande de fréquences attribuée est beaucoup plus élevé que dans les systèmes mobiles terrestres classiques. Dans cette optique, les paramètres de chaque station de base sont choisis pour desservir de petites zones, ou cellules, dans des limites spécifiées. Les cellules couvrent la zone dans laquelle le réseau de stations de base est exploité ainsi que les routes et autoroutes entre les différents emplacements des stations de base.

Dans les réseaux cellulaires la distance D entre les cellules qui utilisent les mêmes canaux ne dépasse pas généralement $D = 3,5 R_0$ à $D = 5,5 R_0$, où R_0 est le rayon nominal d'une cellule. Avec les systèmes cellulaires, le taux de réutilisation des fréquences est donc élevé et l'efficacité d'utilisation du spectre est relativement élevée [Lee, 1989].

Un ensemble de cellules limitrophes dans lesquelles il n'est pas possible d'utiliser les mêmes canaux de fréquences en raison des restrictions imposées concernant les brouillages est appelé «groupe» (cluster). Le nombre de cellules présentes dans un groupe est la dimension de ce groupe [Lee, 1989].

Les stations de base peuvent utiliser des antennes équidirectives à polarisation verticale ou des antennes sectorielles ayant une ouverture de faisceau de 60° ou 120° . Avec des antennes sectorielles, chaque cellule est divisée en 3 ou 6 secteurs, des canaux différents étant assignés à chaque secteur [Lee, 1989].

Pour établir un plan de fréquences complet pour un système mobile cellulaire, il faut spécifier les paramètres fondamentaux de ce plan:

- la dimension d'un groupe de cellules;

- un nombre, M , de secteurs de service dans une cellule ($M = 1$ pour $\theta = 360^\circ$; $M = 3$ pour $\theta = 120^\circ$; et $M = 6$ pour $\theta = 60^\circ$; où θ est l'ouverture de faisceau de l'antenne de la station de base);
- le nombre de stations de base;
- le rayon d'une cellule;
- la puissance rayonnée équivalente de l'émetteur de la station de base; et
- la hauteur de l'antenne de la station de base (on suppose en règle générale que la hauteur de l'antenne d'une station mobile est de 1,5 m).

Cette procédure permet de déterminer tous les paramètres nécessaires pour l'établissement d'un plan de fréquences. Pour élaborer un plan complet basé sur le nombre de canaux pour chaque station de base et une configuration en groupe dans un système cellulaire, il faut définir la fréquence particulière assignée pour l'exploitation de toutes les stations de base appartenant au même groupe. Il est aussi indispensable de réduire au minimum les brouillages entre les cellules où des canaux de fréquences adjacents sont utilisés ainsi que les brouillages par intermodulation entre canaux d'un même secteur d'une cellule.

Pour établir un plan de fréquences complet pour les systèmes cellulaires, on peut utiliser les méthodes décrites dans [Gamst, 1982 et Hale, 1981].

3.3.4 Processus de planification souple des fréquences en fonction du site

Pour certains services de radiocommunication et leurs applications, par exemple le service fixe, y compris les systèmes hertziens ou les systèmes de radiocommunications mobiles privés (PMR), il n'y a pas généralement de plan de fréquences rigide préalablement établi. Une assignation de fréquence est faite pour chaque nouvelle application après avoir effectué une analyse de compatibilité de chaque nouvelle entrée proposée par rapport aux assignations de fréquence existantes portées dans le registre national et avoir choisi pour cette nouvelle entrée une fréquence qui n'affecte pas les assignations de fréquence existantes et/ou qui n'est pas affectée par elles. Les procédures régissant l'analyse de compatibilité électromagnétique sont décrites dans le Chapitre 5 et dans l'Accord de Vienne (2000).

Pour accélérer le choix d'une fréquence appropriée à assigner sur un site prévu, on peut utiliser les procédures décrites dans la Recommandation UIT-R SM.1599. Cette méthode permet d'obtenir en fait des données utiles sur l'occupation de sous-bandes de fréquences particulières sur différents sites. Elle simplifie considérablement le processus d'assignation des fréquences car elle permet de faire des analyses de compatibilité électromagnétique sur un site prévu, par rapport à un nombre limité d'assignations de fréquence situées dans une sous-bande plus étroite qui est moins occupée que d'autres sous-bandes.

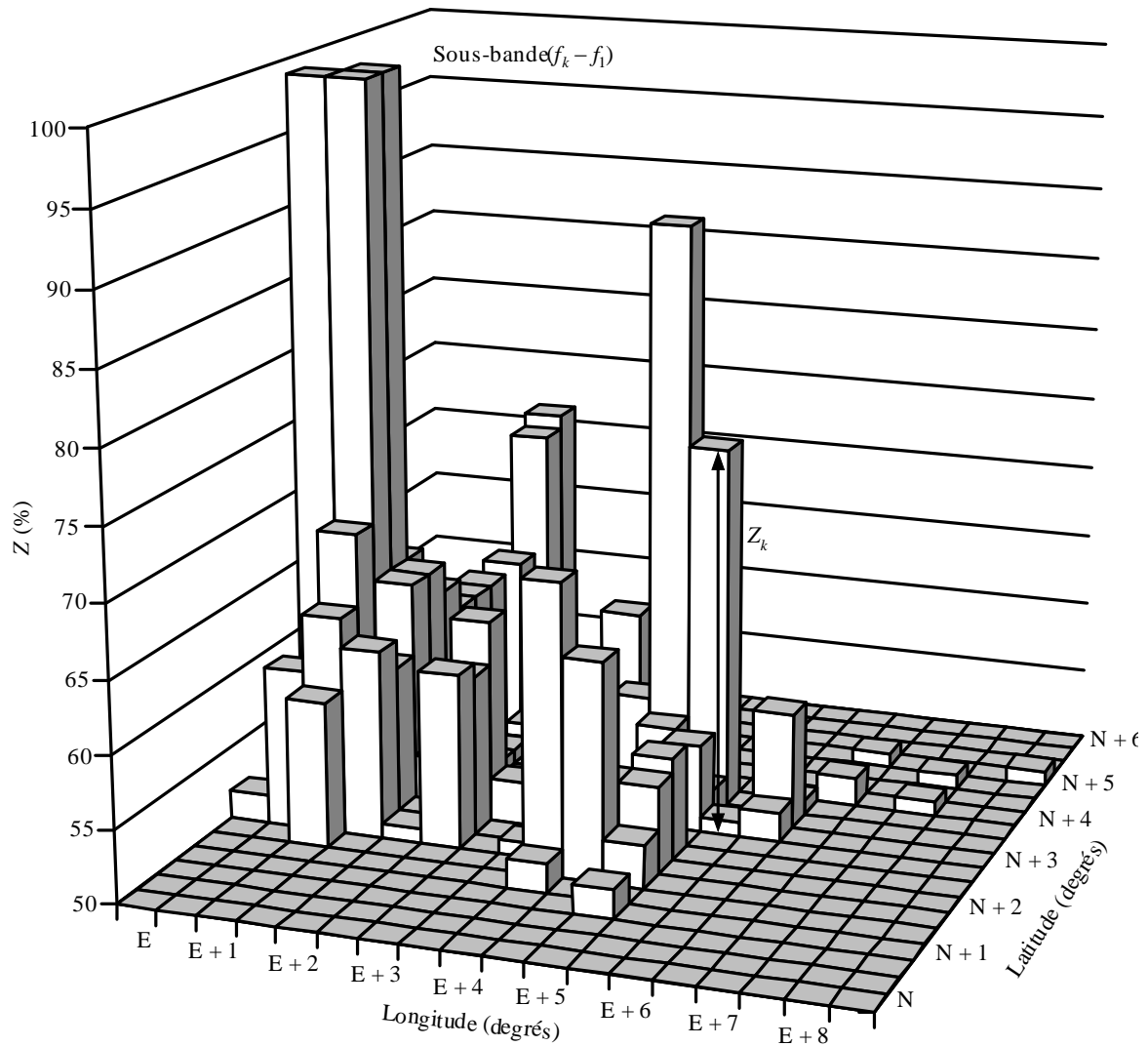
Par exemple, la Figure 3.7 montre la distribution du facteur d'utilisation du spectre, Z (défini dans la Recommandation UIT-R SM.1046-1) dans une sous-bande ($f_k - f_i$) entre des cellules de dimensions $1^\circ \times 1^\circ$ à l'intérieur d'une région d'environ $8^\circ \times 8^\circ$. On peut voir pour quelles cellules la sous-bande, Z_k se prête à une analyse de compatibilité électromagnétique et pour quelles cellules cette sous-bande ne s'y prête pas.

3.4 Logiciels et automatisation

Les sous-systèmes d'octroi de licences et d'assignation de fréquence nécessitent l'utilisation d'ordinateurs et de supports de stockage comme indiqué dans le Manuel de l'UIT – Application des techniques informatiques à la gestion du spectre (Genève, 2005). Les logiciels informatiques permettent d'effectuer les calculs nécessaires pour les analyses de compatibilité et la planification des fréquences selon la méthode décrite précédemment. Les logiciels informatiques modernes des systèmes de gestion du spectre (SMS, *spectrum management system*) peuvent être facilement personnalisés pour répondre aux besoins particuliers de chaque utilisateur. Ils permettent de créer les formulaires requis pour la documentation et de programmer des modèles spécifiques de calcul de la propagation [Topcu et autres, 2000] et des droits de licence. Un modèle de calcul des droits de licence spécifiquement conçu pour la personnalisation des systèmes de gestion du spectre est disponible [Pavliouk, 2000]. Les logiciels informatiques modernes SMS sont également facilement réglables pour pouvoir fonctionner avec diverses cartes numériques de données topographiques.

FIGURE 3.7

Exemple de distribution du facteur d'utilisation du spectre Z sur un territoire pour certaines sous-bandes de fréquences sélectionnées



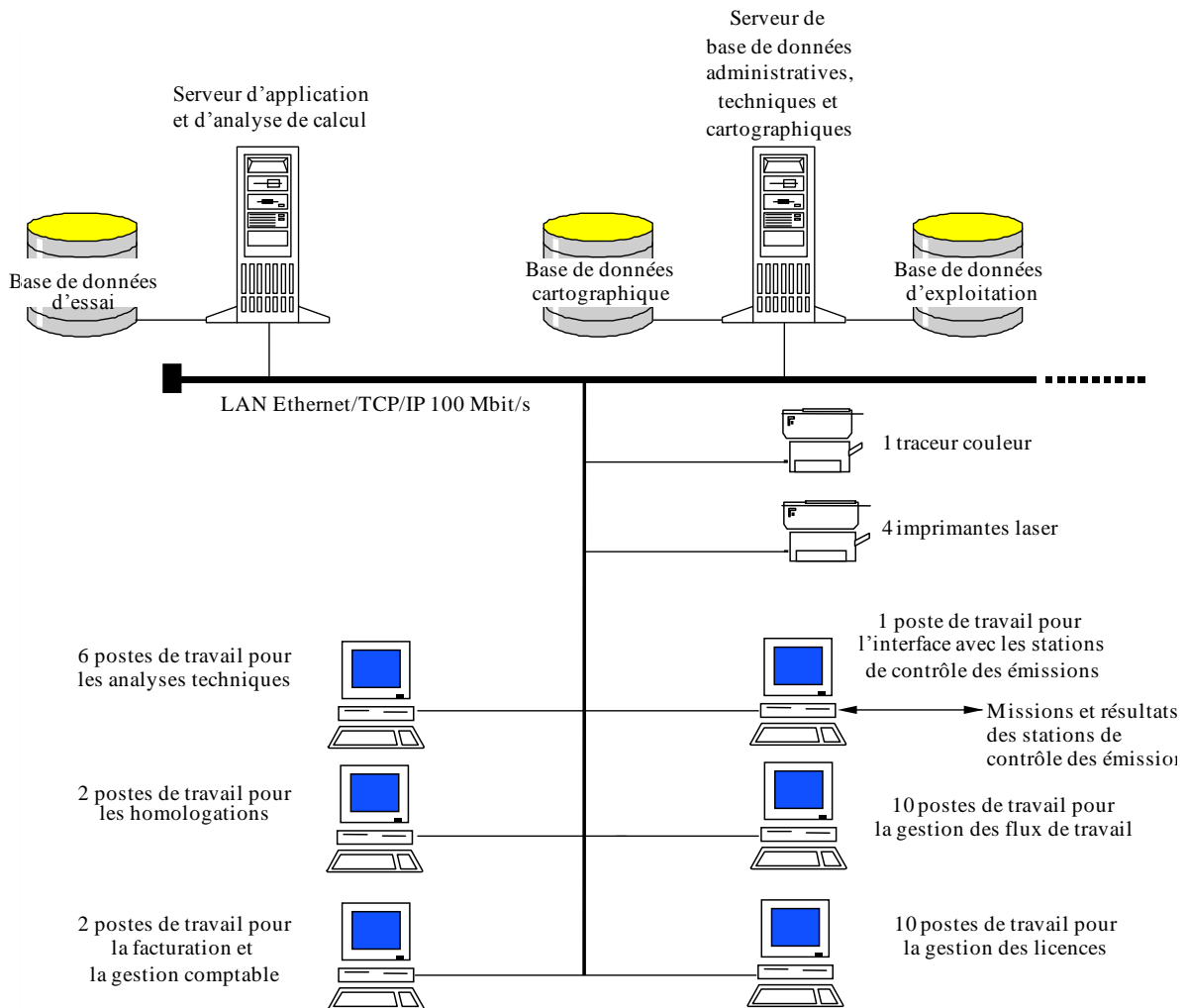
Nat Spec Man-3 0

Dans de nombreux pays, des systèmes courants de gestion automatisée du spectre couvrent les installations de tous les services de radiocommunication [Bare, 1990 et Bykhovsky et autres, 2002]. Les systèmes automatiques locaux conçus pour des services particuliers comme la radiodiffusion télévisuelle et la radiodiffusion sonore en ondes métriques, les services fixe ou mobile terrestre, etc., peuvent utiliser des ordinateurs personnels [Vasiliev et autres, 1986 et Dotolev et autres, 2003].

Un exemple de configuration d'exploitation d'un modèle de système de gestion du spectre est donné à la Figure 3.8.

FIGURE 3.8

Exemple de configuration d'exploitation d'un système de gestion du spectre



Nat.Spec.Man-3.08

Ce modèle de système de gestion du spectre contient:

- un serveur de calcul et d'applications: logiciel du système de gestion du spectre, gestion des fichiers de calcul, gestion des opérations de sauvegarde et de rétablissement;
- serveur de données administratives, techniques et cartographiques: gestion des bases de données opérationnelles;
- base de données d'essai: base de données utilisée pour les essais et pour l'évaluation des nouveaux systèmes de gestion du spectre;
- base de données opérationnelle: base de données utilisée pour le travail d'exploitation de l'administration;
- base de données cartographiques: modèle de terrain numérisé, fouillis, limites administratives, cartes scannées;
- traceur couleur: représentations graphiques, cartes de la couverture;
- imprimante laser: documents officiels;
- postes de travail pour les analyses techniques: postes de travail permettant d'effectuer l'analyse de compatibilité électromagnétique en utilisant des représentations graphiques;

- postes de travail pour les homologations: postes de travail nécessaires pour gérer les homologations d'équipements, ainsi que des certificats d'importation et des certificats des revendeurs;
- postes de travail pour la facturation et la compatibilité: postes de travail permettant d'accéder aux comptes et aux données de gestion de facturation;
- poste de travail pour l'interface avec les stations de contrôle des émissions: poste de travail permettant de créer des missions et d'intégrer les résultats des stations de contrôle des émissions;
- postes de travail pour la gestion des flux de travail: postes de travail nécessaires pour gérer les processus internes de l'administration concernant la gestion du spectre; et
- postes de travail pour la gestion des licences: postes de travail nécessaires pour gérer le processus d'octroi de licences et de délivrance des factures.

Le nombre de dispositifs dépend des besoins de l'organisme de réglementation.

PARTIE B

Octroi de licences

3.5 Introduction

Le terme d'«octroi de licences» est largement utilisé dans des situations nombreuses et différentes, qu'il s'agisse des télécommunications ou des nombreux autres aspects des activités commerciales ou publiques. Appliqué aux radiocommunications, ce terme a différentes significations. Souvent, une seule et même licence couvre certains aspects des opérations d'exploitation et de l'utilisation des fréquences radioélectriques (figurent donc dans ce document l'autorisation d'effectuer une certaine activité et l'autorisation d'utiliser une fréquence radioélectrique). Dans la présente partie du document, le terme d'«octroi de licences» s'applique expressément à l'utilisation des fréquences radioélectriques, et les licences octroyées sont donc des licences pour l'utilisation des fréquences radioélectriques.

La délivrance de licences pour l'utilisation des fréquences radioélectriques est un moyen de gérer l'utilisation du spectre (selon les dispositions du numéro **18.1** du RR). Toutefois, une gestion efficace du spectre doit prendre en compte tous les utilisateurs du spectre radioélectrique, y compris les entités privées, les entreprises et les administrations publiques. Il est fréquent que les administrations publiques (ou d'autres organismes non privés) qui utilisent le spectre aient besoin, pour leurs activités, d'une autorisation, sous une forme ou une autre, délivrée par le gestionnaire du spectre. Ces «permis» ou «autorisations» sont souvent assimilés à une forme de «licence» même si leur statut juridique est différent. Dans la suite du document, sauf indication contraire, c'est l'acception la plus large du terme qui a été retenue: elle couvre les permis, les autorisations et autres documents analogues.

3.6 Nécessité de l'octroi de licences

L'octroi de licences pour l'utilisation du spectre radioélectrique répond à plusieurs objectifs importants. Le plus important est de limiter les caractéristiques techniques et d'exploitation d'une station de radiocommunication afin de préserver les ressources limitées du spectre radioélectrique dans l'intérêt national et public. Un autre objectif important est de tenir un registre détaillé des fréquences dans le cadre de la gestion de l'utilisation du spectre afin d'éviter les brouillages tout en améliorant l'efficacité spectrale.

Aux termes du numéro **18.1** du RR, toutes les stations d'émission établies ou exploitées par un particulier ou par une entreprise doivent avoir fait l'objet d'une licence délivrée par l'administration à moins qu'il n'ait été décidé au niveau national d'autoriser l'exploitation de cette station à condition qu'elle ne cause aucun brouillage. D'autres dispositions de l'Article **18** du RR établissent les principales responsabilités du titulaire de la licence et donnent aux administrations des indications pour régler les différents problèmes que peut poser l'octroi de licences pour des stations mobiles relevant de la juridiction d'autres administrations.

Toutes les licences doivent identifier le titulaire par son nom et son adresse, indiquer l'emplacement géographique de la ou des stations d'émission ou la zone dans laquelle ces stations se déplacent (s'il s'agit de stations mobiles), les paramètres techniques et les conditions d'exploitation de la ou des stations, l'objet pour lequel la ou les assignations de fréquence peuvent être utilisées et la période de validité de la licence, autant d'éléments à préciser pour qu'aucun brouillage ne soit causé à d'autres utilisateurs (voir l'Article **3** du RR). Dans la plupart des cas, la fréquence assignée, les paramètres de l'émission et les caractéristiques fondamentales de l'antenne d'émission seront indiqués même si l'autorisation d'émettre devra peut-être être définie sous une autre forme dans le cas où un seul et même document autorise l'utilisation de plus d'un émetteur ou de plus d'une assignation de fréquence. Une licence peut aussi être délivrée pour une station de réception dont les paramètres fondamentaux sont indiqués. Un droit sera habituellement perçu pour la délivrance d'une licence. Les principaux problèmes que pose l'octroi de licences sont les suivants: «Qui est habilité à bénéficier d'une licence d'émission et comment garantir une utilisation efficace du spectre?».

Récemment, des administrations ont dégagé des bandes de fréquences pour les réseaux mobiles publics. Dans ce cas, il appartient aux opérateurs de réseaux mobiles de gérer les fréquences, de définir les puissances d'émission et de fournir les autres paramètres pertinents des stations de leurs réseaux dans les limites généralement fixées dans les licences.

Pour les réseaux mobiles publics, les autorités responsables de la gestion des fréquences n'octroient pas de licence individuelle pour chaque station d'émission. Cela étant, les opérateurs ont l'obligation de notifier à ces autorités l'emplacement et les caractéristiques fondamentales des stations du réseau lors de leur mise en service.

3.7 Octroi de licences pour les stations de radiocommunication

L'octroi de licences pour l'utilisation du spectre est essentiel pour éviter les brouillages entre services et entre stations. Toutefois, les systèmes de faible puissance, par exemple les stations exploitées dans la Citizen Band, les téléphones sans cordon, les dispositifs de courte portée, les systèmes ultra large bande, les dispositifs électroniques, les systèmes de sécurité peuvent être exemptés de licence afin d'alléger la charge administrative et économique qui pèse à la fois sur l'administration et sur les utilisateurs.

Il faut bien admettre que sans la discipline imposée par un système d'octroi de licences pour l'utilisation du spectre, les brouillages radioélectriques pourraient atteindre des niveaux inacceptables, dévalorisant les investissements consentis pour les équipements d'émission ou de réception des signaux radioélectriques. Les utilisateurs du spectre ayant investi dans un système de télécommunication réclameront un régime de licences avec, pour corollaire, l'assurance d'une protection contre les brouillages dans des conditions d'exploitation normales.

Certaines administrations utilisent des procédures comme «l'homologation» ou «l'acceptation» pour donner l'assurance que, le produit considéré, tel qu'il a été conçu, peut techniquement et effectivement respecter les prescriptions réglementaires qui lui sont applicables. Ces prescriptions réglementaires existent pour qu'il y ait «coexistence» entre les équipements radioélectriques et leurs utilisateurs, pour que l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques soit la plus économique possible et pour faciliter le développement et l'utilisation harmonieuse des équipements radioélectriques. L'octroi d'une protection limitée contre les brouillages peut être une exigence supplémentaire.

Dans le cadre de la procédure d'homologation un laboratoire d'essais agréé (parfois les autorités) a l'obligation de soumettre un échantillon de l'équipement pour vérifier qu'il est conforme à une spécification ou une norme technique publiée et approuvée. Si l'équipement est homologué, un certificat numéroté est délivré et le fabricant placera sur le produit une marque spéciale indiquant que le produit est «homologué».

Dans le cadre de la procédure d'acceptation, la seule exigence est que les données d'essai du fabricant soient soumises à l'administration pour examen. Les conditions régissant les essais et le nombre d'échantillons à fournir pour les essais sont prescrits. Si les données soumises sont acceptables, dans ce cas aussi, un certificat est délivré et le fabricant met une marque particulière sur le produit indiquant que ce produit est «accepté».

L'homologation ou l'acceptation peut être une procédure coûteuse et longue à la fois pour le fabricant et pour l'administration, en particulier si chaque administration élabore ses propres spécifications techniques et fait obligation au fabricant d'obtenir l'homologation ou l'acceptation dans chaque pays où il a l'intention de commercialiser l'équipement. Conscientes de ce fait, certaines administrations ont mis en place des «accords de reconnaissance mutuelle» dans le cadre desquels elles reconnaissent les résultats de leur procédure d'homologation ou d'acceptation. De plus en plus, l'homologation est considérée comme une réglementation inutile et un obstacle potentiel au commerce, en particulier au moment où de plus en plus d'équipements sont destinés à être commercialisés, transportés et exploités au niveau international sans restriction réglementaire, par exemple les téléphones mobiles publics. La responsabilité d'assurer la conformité de l'équipement aux principales prescriptions (évaluation de conformité) passe de plus en plus du régulateur au fabricant ou au fournisseur. La surveillance du marché permettra d'identifier les équipements non conformes et des sanctions pourront alors être imposées au fabricant ou au fournisseur négligent.

Un exemple de procédure mise en place par les Etats Membres de l'Union européenne (UE) est appliqué dans le cadre de la Directive sur les équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunication (R&TTE) juridiquement exécutoire. Depuis le 8 avril 2001, la Directive R&TTE a remplacé plus de 1 000 règlements approuvés au niveau national et elle régit la commercialisation et l'utilisation de ces équipements. Elle couvre tous les équipements qui utilisent le spectre des fréquences radioélectriques ainsi que tous les équipements terminaux associés aux réseaux publics de télécommunication. Elle exige que les équipements radioélectriques utilisent le spectre de façon efficace et ne causent pas de brouillage préjudiciable.

Il appartient au fabricant de l'équipement d'effectuer l'évaluation de conformité d'un produit. Le fabricant fait une «déclaration de conformité» et n'a pas besoin d'obtenir un certificat d'homologation ou d'acceptation auprès d'un organisme officiel si l'équipement a passé les tests dans un laboratoire juridiquement reconnu. Lorsqu'il n'y a pas de normes ou lorsque les normes ne sont pas appropriées, le fabricant a encore un long chemin avant de pouvoir commercialiser le produit: il doit en effet prouver de façon encore plus approfondie que ce produit respecte les prescriptions techniques. Les Etats de l'Union européenne sont tenus de publier les règles régissant l'accès au spectre des fréquences radioélectriques pour que les fabricants soient bien conscients des différences qui existent d'un pays à l'autre en ce qui concerne l'attribution et l'utilisation des fréquences et qu'ils proposent des produits pouvant être commercialisés sur un marché aussi large que possible. Le fabricant a l'obligation d'informer les utilisateurs de l'utilisation prévue du produit et des limitations d'utilisation à la fois sur l'emballage et dans le manuel d'utilisation. En d'autres termes, le fabricant doit informer clairement l'utilisateur de la partie du spectre des fréquences radioélectriques dans laquelle l'équipement a été conçu pour être exploité.

Conformément aux dispositions de l'Organisation mondiale du commerce de nombreux pays ont conclu entre eux des accords de reconnaissance mutuelle. Ces accords reposent sur l'acceptation mutuelle des certificats, marques de conformité et rapports d'essai délivrés par les laboratoires ou les organismes chargés des évaluations de conformité, conformément aux réglementations d'autres pays.

Les licences devraient être renouvelables au terme d'une période d'utilisation fixée par décision de l'administration. Les licences renouvelables ont une incidence économique importante sur l'utilisation future du spectre des fréquences radioélectriques. Il est possible aux termes d'une licence et en limitant la période de validité d'une homologation ou d'une acceptation de faire en sorte que les nouvelles technologies qui seront adoptées dans l'avenir soient plus efficaces du point de vue de l'utilisation du spectre.

Les données figurant dans les registres d'octroi des licences peuvent être utilisées pour avoir des informations statistiques sur l'accès au spectre et peuvent donner des indications sur les tendances de l'utilisation au niveau national. On peut également se servir de ces données pour prévoir les besoins futurs de spectre.

Les licences peuvent être utilisées pour restreindre la fabrication, la vente, la possession ou l'importation de certains équipements radioélectriques qui, intrinsèquement, sont susceptibles de causer des brouillages préjudiciables.

Les données fournies par les licences sont très précieuses pour les organismes chargés de faire respecter la réglementation et qui s'occupent des plaintes en brouillage. Elles peuvent aussi être utiles dans le cas de poursuites judiciaires engagées contre des stations de radiocommunication fonctionnant en toute illégalité.

3.8 Déréglementation en matière d'octroi de licences

Le risque pour les équipements de faible puissance et à courte portée de causer des brouillages à d'autres utilisateurs des radiocommunications est minime à condition que les conditions techniques d'exploitation de ces équipements soient correctes. Si tel est le cas, on peut envisager d'exonérer de licence un grand nombre de ces équipements.

Les conditions de réglementation seront ainsi plus libérales pour les utilisateurs, les fabricants et les fournisseurs tout en étant moins lourdes pour les administrations. Les utilisateurs n'auront plus à payer de redevances ou à remplir de formulaires de demande de licence; les fabricants et les fournisseurs pour leur part pourront commercialiser leurs produits sur un marché moins réglementé ce qui présentera des avantages importants pour le grand public. Parmi les appareils pouvant bénéficier de cet assouplissement de la réglementation on trouve les détecteurs de métaux, les télécommandes radioélectriques de modèles réduits, les dispositifs antiviol, les alarmes locales, les téléphones sans cordon et les dispositifs ultra large bande.

Ces dispositifs partagent habituellement des fréquences avec d'autres applications et ne doivent donc pas causer de brouillage préjudiciable à ces applications. L'opérateur d'un dispositif à courte portée brouillant des équipements de radiocommunication autorisés devra en cesser l'exploitation même si ce dispositif respecte toutes les normes techniques et les autorisations énoncées dans les règlements nationaux, et ce jusqu'à ce que le problème de brouillage soit réglé. Les dispositifs de faible puissance et à courte portée ne sont pas protégés contre les brouillages mutuels. D'autres précisions concernant ces équipements sont données dans le Rapport UIT-R SM.2153 – Paramètres techniques et de fonctionnement et besoins en fréquences des dispositifs à courte portée.

3.9 Pratiques en matière d'octroi de licences

Un système d'octroi de licences joue un rôle essentiel dans une unité de gestion du spectre bien structurée. Il permet d'exercer un contrôle sur le fonctionnement des stations et sur l'utilisation des fréquences en:

- prévoyant un examen des demandes de licence et des documents justificatifs afin de déterminer si le demandeur remplit les conditions requises d'un point de vue juridique et réglementaire pour obtenir la licence et si l'équipement de radiocommunication est techniquement acceptable;
- accordant une autorisation générale ou spécifique aux entités qui n'ont pas nécessairement besoin d'une licence, par exemple les administrations publiques ou les dispositifs de communication grand public;
- assignant des indicatifs d'appel d'identification aux différentes stations;
- délivrant des documents de licence ou percevant des droits, selon le cas;
- renouvelant ou annulant des licences, selon le cas; et
- procédant à des examens de la compétence des opérateurs (par exemple amateurs) et délivrant des certificats d'opérateur.

En règle générale, le titulaire d'une licence d'utilisation du spectre radioélectrique doit respecter un certain nombre de critères généraux différents, même si des critères particuliers peuvent être appliqués à tel ou tel service de radiocommunication:

- L'exploitation d'un service de radiocommunication sans licence est un délit, à moins que ce service soit dispensé de licence.
- Toutes les modifications apportées aux paramètres figurant dans la licence d'exploitation d'un équipement de radiocommunication doivent être autorisées par l'autorité responsable de la gestion des fréquences, dans le respect de la réglementation nationale. Les propositions de modification des spécifications détaillées de la licence doivent être communiquées à l'autorité responsable de la gestion des fréquences.
- Le titulaire de la licence devrait faire en sorte que toutes les personnes exploitant la ou les stations de radiocommunication respectent les conditions figurant dans la licence.
- Si nécessaire, tous les messages devraient commencer et finir par un indicatif d'appel ou une identité.
- La licence pourrait comporter une déclaration concernant les conditions relatives aux brouillages, à l'immunité contre les brouillages ainsi qu'aux précautions à prendre en matière de sécurité, y compris la sécurité intrinsèque de l'équipement.
- La licence pourrait comporter des observations concernant la maintenance (système d'assurance de qualité).
- Les conditions d'ingénierie du site pourraient figurer dans les spécifications de la licence.

Les administrations peuvent percevoir des droits de licence auprès des utilisateurs du spectre. Ces droits peuvent être fonction du degré d'utilisation du spectre par certains, du refus d'utilisation du spectre pour d'autres ainsi que des avantages économiques retirés. Le niveau des droits peut aussi être un moyen d'optimiser l'utilisation du spectre. Cette question est examinée en détail dans le Chapitre 6.

Dans de nombreux pays, l'administration tient compte de deux types d'utilisateurs: les utilisateurs non commerciaux et les utilisateurs commerciaux du spectre des fréquences radioélectriques.

3.9.1 Octroi de licences pour les utilisateurs non commerciaux du spectre des fréquences radioélectriques

Les utilisateurs non commerciaux du spectre titulaires d'une licence sont l'une des principales catégories d'utilisateurs du spectre des fréquences radioélectriques. Ces organisations utilisent le spectre des fréquences radioélectriques car il s'agit d'une ressource essentielle pour la poursuite d'une activité d'intérêt public. Les communications et les prescriptions en matière de navigation des navires, des aéronefs, des services de police, des services du feu, des services d'aide médicale ainsi que de certains services publics relèvent de cette catégorie. Par commodité, les utilisateurs des services de radiocommunications scientifiques sont aussi inclus

dans cette catégorie. Pour la quasi-totalité des services de radiocommunication, les utilisateurs sont dans une certaine mesure des utilisateurs non commerciaux et pour certains services ce sont les seuls utilisateurs.

Une administration peut demander à examiner la licence d'un opérateur pour vérifier que des particuliers peuvent exploiter ou entretenir des émetteurs radio non commerciaux. En outre, la Convention sur la sécurité de la vie en mer et le RR stipulent que seuls des particuliers titulaires d'une licence peuvent exploiter un équipement ou être responsables des émissions dans certaines circonstances.

En règle générale, les licences d'opérateurs radio concernent les services de sécurité, les radioamateurs ou d'autres services susceptibles d'utiliser des communications de sécurité. A titre d'exemple, on peut citer les licences de pilotes d'aéronef, les opérateurs radio maritimes dans le Service mondial de détresse et de sécurité en mer, les licences d'opérateur commerciales délivrées à des particuliers qui installent, réparent ou entretiennent des navires, des aéronefs ou d'autres émetteurs ou bien encore les opérateurs d'émetteurs de radiodiffusion ou les personnes chargées de leur entretien. Certains pays exigent un niveau minimum de connaissances spécialisées pour se présenter à l'examen d'opérateur. D'autres pays n'exigent aucun niveau particulier et préfèrent se baser sur l'expérience acquise (apprentis) ou sur un examen. Les pays devraient envisager d'accepter au niveau national des certificats d'opérateur radio délivrés par un autre pays dont les normes de qualification sont reconnues. Cela s'applique directement aux opérateurs maritimes et aux opérateurs du service aéronautique. La délivrance de certificats d'opérateur est ainsi plus efficace et plus économique, en particulier si la charge de travail au niveau national est relativement faible et si la mise en place et la gestion d'examens d'opérateurs actualisés ne se justifient pas vraiment, ce qui est le cas si ces examens comportent des aspects très techniques.

L'administration peut demander aux utilisateurs non commerciaux de collaborer avec elle pour s'assurer que le spectre qui leur est attribué est utilisé de façon efficace mais les besoins essentiels de ces organisations dans le domaine des radiocommunications sont en général satisfaits sans problème. Cela étant, un droit de licence sera habituellement perçu ou un montant équivalent sera transféré sous une forme ou une autre, afin de couvrir une partie des frais de l'administration.

3.9.2 Octroi de licences aux utilisateurs commerciaux du spectre des fréquences

Les utilisateurs commerciaux titulaires d'une licence relèvent de deux grandes catégories: les fournisseurs de services et les utilisateurs de systèmes de radiocommunication privés. Les fournisseurs de services installent des systèmes qui seront utilisés par d'autres. Les utilisateurs de systèmes de radiocommunication privés généralement utilisent leurs propres systèmes dans le cadre de leur travail. Abstraction faite des utilisations non commerciales, les fournisseurs de services sont pratiquement les seuls utilisateurs du service de radiodiffusion et du service de radiodiffusion par satellite et ils sont les principaux utilisateurs du service fixe par satellite (SFS) et du service mobile par satellite (SMS). Les utilisateurs privés sont les seuls utilisateurs du service d'amateur et du service d'amateur par satellite. Les deux catégories d'utilisateurs se partagent les utilisations commerciales du service fixe et du service mobile.

Les produits que les fournisseurs de services proposent et que les utilisateurs privés obtiennent dans le cadre du service fixe ou du service mobile terrestre sont analogues. Toutefois, dans certains cas, les systèmes privés peuvent être moins onéreux et plus souples que les installations louées auprès d'un fournisseur de services mais on peut penser que ces dernières utiliseront le spectre de façon plus économique. Par conséquent, le spectre étant une ressource limitée, les administrations délivreront des licences plus facilement aux fournisseurs de services qu'aux utilisateurs privés. Toutefois, elles pourront aussi préférer faire jouer la concurrence entre plusieurs fournisseurs.

Dans un système classique d'octroi de licences pour des utilisateurs commerciaux, l'administration s'assure que les exigences du demandeur justifient l'octroi d'une licence et que l'équipement exploité utilisera le spectre de façon efficace. S'il est possible de trouver des fréquences appropriées pour les demandeurs, l'administration délivre la licence et percevra peut-être une redevance. S'il n'est pas possible de dégager des fréquences appropriées pour tous les demandeurs des deux catégories d'utilisateurs commerciaux, l'administration décidera des demandes qu'elle acceptera selon un critère qu'elle aura elle-même fixé. Elle devra peut-être choisir entre fournisseurs de services et utilisateurs privés, ou bien entre un fournisseur de services et un autre.

Les méthodes appliquées pour optimiser l'utilisation du spectre et choisir entre différents demandeurs de licences ont été différentes: certains pays ont opté pour des solutions économiques, à savoir les enchères de spectre.

L'administration est chargée de gérer les assignations pour tous les services de radiocommunication commerciaux mais les services fixe, mobile et de radiodiffusion sont, de loin, les services les plus importants. Lorsque les télécommunications ou les services de radiodiffusion sont régis par des monopoles, un bon nombre des responsabilités liées à la gestion des bandes de fréquences attribuées à ces services peuvent être déléguées aux fournisseurs de services mais dans un pays où la concurrence entre les fournisseurs de ces services constitue un élément important pour réglementer la qualité et les prix, l'administration doit conserver la responsabilité de l'utilisation du spectre concerné.

3.9.3 Octroi de licences pour les opérateurs de services de télécommunication utilisant le service fixe

Les opérateurs de télécommunications publiques utilisent le service fixe à diverses fins. Les liaisons interurbaines en visibilité directe, généralement de 10 à 50 km de longueur, qui sont souvent de longs faisceaux hertziens, utilisent une partie importante du spectre compris entre 3 et 30 GHz. Les liaisons de courte distance sont utilisées dans les zones urbaines pour établir des connexions large bande jusqu'aux abonnés, ce qui permet d'éviter les retards liés à l'installation de nouveaux câbles souterrains. Des liaisons radioélectriques de ce type sont aussi souvent utilisées pour raccorder des stations de base du service mobile terrestre entre elles et au réseau téléphonique public commuté (RTPC). Des systèmes d'accès multiple courte distance, fonctionnant généralement entre 300 et 3 000 MHz, sont actuellement mis en service pour raccorder les abonnés au réseau téléphonique dans les zones rurales.

Pour chacune de ces applications, les objectifs d'une administration sont généralement les suivants:

- maintenir des conditions de concurrence loyale entre les opérateurs;
- faire en sorte que l'assignation de fréquence soit efficace; et
- faire en sorte que l'industrie dans son ensemble utilise de façon constructive les services filaires et les services de radiocommunication si la gamme de fréquences utilisable et proche de la saturation.

Au-dessus de 20 GHz environ, il se peut que les attributions du service fixe ne soient pas beaucoup utilisées. Or, ces bandes, du moins jusqu'à 55 GHz, sont tout indiquées pour les connexions large bande courte distance entre le réseau commuté et les locaux des grands abonnés, et les stations de base des réseaux mobiles terrestres. On pourra peut-être déléguer la gestion détaillée des fréquences qui auront été attribuées pour ces besoins, selon des modalités garantissant l'efficacité de leur utilisation.

Une assignation faite à un opérateur public de systèmes de télécommunication hertziens, avec délégation de la gestion, fera l'objet d'un accord en bonne et due forme. Cette assignation sera un bloc de fréquences RF bien précis qui devra être utilisé dans une zone définie ou dans un canal RF spécifique. De préférence, ces fréquences ne seront pas assignées à d'autres utilisateurs du spectre radioélectrique et permettront de satisfaire les besoins prévus de l'opérateur en nouvelles liaisons pendant plusieurs années. L'administration devra donner des indications sur les paramètres des liaisons qui seront exploitées dans la bande afin de limiter la distance à laquelle les brouillages causés ou subis par les utilisateurs de la même bande de fréquences se produisent dans d'autres zones. Il faudrait prévoir de consulter l'administration avant de choisir une fréquence qui pourrait brouiller une station d'un pays étranger. Lorsque l'opérateur aura choisi une fréquence pour une liaison, l'administration devra officiellement assigner la fréquence afin qu'elle puisse être ajoutée dans le registre national et, si nécessaire, notifiée à l'UIT-R en vue de son inscription dans le Fichier de référence international des fréquences. A intervalles réguliers et en particulier si l'opérateur demande davantage de largeur de bande, l'administration devra vérifier si l'opérateur gère

l'assignation avec efficacité. Etant donné que la concurrence entre opérateurs doit être équitable et compte tenu aussi de l'importance particulière du spectre pour satisfaire de nouveaux besoins urgents, on sera peut-être amené à refuser une demande de nouvelle assignation. On se tournera alors vers le câble.

Un droit devrait être acquitté par les opérateurs de systèmes de télécommunication hertziens publics pour pouvoir avoir accès au spectre (enchère initiale ou droit réglementaire annuel), que ce soit pour un bloc de

fréquences ou pour un simple canal. Ce droit à acquitter sera vraisemblablement proportionnel à la largeur de bande RF assignée. Il peut également être souhaitable d'inclure un facteur reflétant la rareté relative du spectre à la fréquence considérée afin d'encourager les opérateurs à utiliser d'autres bandes moins demandées ou le câble. Certains pays utilisent le système des enchères pour l'assignation des fréquences au service fixe (voir Chapitre 6).

3.9.4 Octroi de licences pour les services mobiles

Pour les systèmes des services mobiles, la pratique veut que les assignations de fréquence aux stations ne soient pas notifiées à l'UIT-R en vue de leur inscription dans le Fichier de référence mais les assignations aux stations terrestres d'émission ou de réception et les zones dans lesquelles les stations mobiles qui leur sont associées sont exploitées peuvent être inscrites dans le Fichier de référence. Une protection indirecte contre des brouillages est ainsi accordée aux stations mobiles associées. L'exploitation des stations terrestres et des stations mobiles doit être assujettie à licence pour que les assignations puissent être utilisées et une seule et même licence peut couvrir plusieurs stations mobiles exploitées dans une bande particulière.

Les services mobiles sont très divers. Certains sont beaucoup utilisés sans avoir pour autant une grande incidence sur le spectre. Si une mesure administrative doit être prise pour faire en sorte qu'il n'y ait pas de brouillage, la perception d'un droit permettra de couvrir les frais de la mesure mais le coût par station mobile sera généralement très faible et le droit perçu sera lui aussi peu élevé. Toutefois, plusieurs types de systèmes mobiles terrestres ont des besoins de spectre importants qui augmentent rapidement, ce qui fait que d'autres systèmes de radiocommunication utiles ne peuvent pas avoir accès au spectre. Les administrations devraient se demander s'il est possible d'élaborer une politique d'octroi de licences et, en particulier, des droits susceptibles d'optimiser l'utilisation du spectre. Les réseaux de radiocommunications mobiles privés (PMR), les réseaux cellulaires et les grands réseaux mobiles publics (PAMR) sont des cas d'espèce. Il peut être souhaitable de traiter de même les systèmes de messagerie large zone et autres systèmes associés.

Octroi de licences pour les réseaux PMR: les réseaux PMR utilisent le spectre moins efficacement que les réseaux cellulaires et les réseaux PAMR mais il est possible d'améliorer considérablement l'efficacité des réseaux privés en utilisant des équipements à largeur de bande étroite. C'est une question importante étant donné que la demande de spectre pour les systèmes cellulaires est importante et en augmentation.

Pour certains utilisateurs, une configuration de réseaux PMR présente des avantages. Par exemple, la conception du terminal peut être optimisée de façon à répondre aux besoins particuliers de certains utilisateurs. Pour d'autres, il est souhaitable d'un point de vue opérationnel que toutes les stations mobiles puissent écouter tous les messages provenant de la station de base. Certains utilisateurs préfèrent les réseaux PMR car, de leur point de vue, ils sont moins coûteux que les systèmes cellulaires. Par conséquent, une administration estimera peut-être préférable de fixer pour les licences de réseaux PMR des droits propres à encourager les utilisateurs de ce type de réseau à utiliser des équipements à largeur de bande étroite ou à renoncer aux réseaux PMR en faveur des réseaux cellulaires.

Octroi de licences pour les réseaux cellulaires publics et les réseaux PAMR de grande envergure: les réseaux d'accès public qui utilisent de nombreux canaux et dont les zones de service sont étendues, voire peuvent couvrir un pays tout entier, comportent de grandes installations de télécommunication. Ils présentent une grande utilité pour leurs abonnés et peuvent être rentables pour les propriétaires. Chaque réseau a des besoins de spectre importants et, pris globalement, ces réseaux sont les principaux utilisateurs du spectre au-dessous de 2 GHz. Les administrations devraient veiller à ce que ces réseaux utilisent le spectre de plus en plus efficacement. Elles voudront s'assurer que les titulaires des licences ont à cœur de desservir le public et que les abonnés feront jouer la concurrence entre les différents titulaires des licences, ce qui permettra de réduire au minimum le coût réel des installations.

Conscientes de la nécessité d'octroyer des licences aux fournisseurs de services pour qu'ils puissent offrir à leurs clients des services plus nombreux ou nouveaux, les administrations voudront peut-être organiser des discussions préliminaires pour déterminer les options techniques possibles. Les fournisseurs de services potentiels, les équipementiers et les organismes publics compétents participeront peut-être à ces discussions qui permettront de prendre une décision sur la conception des systèmes de la prochaine génération. Les administrations annonceront ensuite que des blocs de fréquences RF seront assignés aux nouveaux réseaux et des propositions seront faites pour que ces systèmes desservent des zones géographiques bien précises. Des

licences de cinq ou de dix ans seront délivrées à deux ou plus de deux fournisseurs de services dont on a estimé que les propositions étaient les meilleures. Ces propositions doivent:

- indiquer les ressources techniques, commerciales et financières du demandeur;
- donner des détails sur le plan de déploiement du réseau dans la zone à desservir;
- donner des informations sur les installations qui seront fournies et sur les tarifs que l'on a l'intention d'appliquer;
- donner des indications sur la façon dont le demandeur répondrait à une demande inhabituellement faible ou inhabituellement élevée; et
- donner des assurances qu'il n'y aura pas d'obstacles à une concurrence entre les réseaux.

Un droit annuel pourrait être perçu. Autre solution, il pourrait être demandé aux candidats de verser chaque année une somme d'argent pour obtenir une licence.

On peut supposer que plusieurs propositions seront reçues et qu'au moins certaines seront satisfaisantes d'une façon générale. Si un droit fixe a été fixé, il faudra choisir les propositions concluantes en fonction de leur qualité et de leur crédibilité. Ce choix peut être difficile pour les organismes publics. Les décisions prises peuvent être contestées, ce qui conduit à des retards. Une enchère entre un petit nombre de candidats, chacun ayant fait une proposition satisfaisante, est moins sujette à controverse et pourrait rapporter davantage de recettes aux autorités.

Les candidats heureux se verront octroyer une licence et leurs systèmes seront mis en oeuvre. Les réseaux de stations de base seront planifiés puis construits. Les fréquences d'émission et de réception qui seront assignées aux stations de base seront choisies et proposées pour être assignées de façon officielle. S'il n'y a pas de raison de rejeter les propositions, les administrations confirmeront les assignations et, si nécessaire, en temps voulu, les notifieront à l'UIT-R en vue de leur inscription dans le Fichier de référence international des fréquences.

Après quelques années, il se peut que la demande pour le service dépasse la capacité de ces réseaux. Dans l'intervalle, de nouveaux équipements, présentant une meilleure efficacité spectrale ou offrant de nouvelles fonctions souhaitables pour les utilisateurs seront peut-être disponibles. Si tel est le cas, de nouveaux réseaux pourraient être mis en place selon les mêmes modalités qu'auparavant avec cette dernière technologie dans différentes bandes de fréquences, les nouveaux réseaux étant

en concurrence entre eux et avec les réseaux de la génération précédente. Autre solution, si les assignations de fréquence ont été faites au départ à un fournisseur de services avec des spécifications technologiquement neutres, ce fournisseur pourra mettre en oeuvre une nouvelle technologie dans la bande d'origine grâce à la compatibilité vers l'arrière.

3.9.5 Octroi de licences pour les services de radiodiffusion

Les caractéristiques d'émission des systèmes de radiodiffusion sont normalisées à l'échelle d'un pays et relativement uniformes à l'échelle mondiale. Ces normes n'ont pas beaucoup évolué en l'espace de plusieurs décennies mais la coordination au niveau international du développement des systèmes numériques a conduit à une phase de progrès technologique important. Ce sont les autorités qui, en règle générale, planifient les assignations de fréquence à la radiodiffusion, aux niveaux national et international. Par conséquent, le processus d'octroi de licences a pour principale fonction de déterminer les organisations qui sont autorisées à émettre. Dans certains pays, le système des enchères est de plus en plus utilisé pour trancher entre deux demandeurs ayant plus ou moins les mêmes compétences.

Dans le cas des licences pour les services de radiodiffusion par satellite, les administrations voudront peut-être réglementer dans une certaine mesure l'utilisation que les fournisseurs des services de radiodiffusion font du support. Il y a une grande analogie entre la radiodiffusion numérique par satellite et la radiodiffusion de Terre. L'accès aux fréquences radioélectriques, aux liaisons de connexion et aux liaisons descendantes de service est sous le contrôle strict des autorités du pays vers lequel les programmes sont diffusés, même si cela n'est pas nécessairement vrai à la périphérie de la zone de couverture du satellite.

Une administration peut donc prendre la responsabilité d'un satellite utilisé pour la radiodiffusion ainsi que de l'assignation et de la coordination des fréquences utilisées. Les stations terriennes de liaison de connexion peuvent être situées n'importe où dans la ligne de visibilité directe du satellite. La zone de service des faisceaux

de liaison descendante peut couvrir le territoire de plusieurs pays, qui peuvent être nombreux et pour lesquels le consentement de l'administration n'est pas nécessaire. Ainsi, le contrôle qu'une administration peut exercer sur la radiodiffusion par satellite passe par la réglementation des stations terriennes.

3.10 Octroi de licences en ligne

Un certain nombre de pays ont déjà mis en place des politiques générales préconisant une utilisation accrue de l'Internet pour la fourniture des services publics ou sont en train de le faire. Ces moyens électroniques souvent appelés «cybergouvernement» ou «cybercommerce», peuvent aussi être utilisés pour faciliter une gestion du spectre ou un «octroi de licences» en ligne dynamiques. Lorsque les licences sont considérées comme des «produits» et les demandeurs comme des «clients», la mise en place de procédures d'octroi de licences en ligne, plus automatisées et la fourniture d'informations en ligne sur les licences seront autant d'avantages pour les clients: en effet, le processus de prise de décision sera plus rapide, plus compréhensible et plus transparent. L'organisme responsable de la gestion du spectre y trouvera lui aussi son compte car son personnel n'interviendra dans le processus d'octroi de licences que beaucoup plus tard et sera donc disponible pour s'occuper d'autres questions moins fastidieuses.

Les moyens offerts par les systèmes d'octroi de licences en ligne sont notamment les suivants: sites web donnant des informations sur les types de licence, les conditions à remplir et les droits et formulaires de demande électroniques. Les systèmes plus complexes peuvent offrir un octroi de licences et un paiement en ligne ainsi qu'un ensemble complet d'outils d'appui interactifs (par exemple programmes de prévision de la propagation et programmes d'analyse des brouillages) que les demandeurs pourront utiliser pour évaluer les options techniques disponibles et choisir le type d'autorisation le mieux adapté à leurs besoins de communication.

3.10.1 Système d'octroi de licences en ligne simple

Pour le demandeur, obtenir une licence peut sembler être un processus complexe. Les services dont l'exploitation est assujettie à une licence sont nombreux, le volume d'informations qu'il doit fournir et le barème des droits sont différents. L'administration devra peut-être l'aider. Ainsi, un site web Internet bien conçu et raisonnablement simple permettra d'apporter la plus grande partie de l'assistance nécessaire et libérera l'administration de l'obligation de mettre en place une structure équivalente, avec service téléphonique, beaucoup plus gourmande en ressources. L'utilisation de ce type de système en ligne pourrait aussi être élargie à la délivrance d'autorisations, avec paiement électronique, dans le cas de licences pour lesquelles l'utilisateur ne doit fournir qu'un minimum d'informations administratives (nom, adresse, téléphone, etc.) et l'assignation d'une fréquence ne nécessite aucune évaluation technique. Tout dépendra des politiques d'octroi de licences mises en place au niveau national, mais en règle générale, ce type de licences concernera les systèmes à faible puissance fonctionnant sur des fréquences bien précises sélectionnées par le fournisseur, le titulaire de la licence ou automatiquement par l'équipement. Autres exemples, les autorisations à obtenir rapidement pour que les stations terriennes transportables puissent être exploitées sur un emplacement temporaire. C'est souvent le cas pour les opérateurs d'équipements électroniques de reportages d'actualité. L'opérateur peut fournir les coordonnées géographiques en ligne et un simple programme permet de vérifier si l'emplacement est situé dans une zone où ce type d'exploitation est autorisé ou compatible (par exemple, en dehors d'une zone dans laquelle une protection CEM est nécessaire) et une autorisation temporaire peut être délivrée.

3.10.2 Système d'octroi de licences en ligne plus complexe

Certaines administrations mettent au point des systèmes d'assignation de fréquence totalement interactifs qui permettront aux demandeurs d'entrer en ligne les caractéristiques détaillées du système de radiocommunication proposé et d'apporter en ligne d'éventuelles modifications à ce système grâce aux différentes fonctions disponibles. La seule limitation aux possibilités offertes est la capacité technique du demandeur à fournir les caractéristiques techniques correctes et à comprendre comment utiliser correctement ce processus interactif. Même s'ils ont ces compétences certains demandeurs pourront aussi faire appel aux services de consultants qui feront le travail à leur place.

3.10.3 Système d'octroi de licences en ligne faisant intervenir plusieurs pays

L'octroi de licences pour les systèmes fonctionnant dans les limites du territoire national restera toujours le droit souverain de chaque administration, mais de plus en plus de systèmes de radiocommunication peuvent, sous réserve d'un accord conclu entre les administrations concernées, fournir des services au-delà des frontières nationales. C'est le cas des services par satellite. Le fournisseur de tels services rencontre souvent, d'un pays à l'autre, des différences importantes en ce qui concerne le processus d'octroi de licences ou les paramètres à fournir dans la demande. Certaines administrations ont coopéré pour mettre en place un point unique de réception des demandes où les informations correctes sont collectées puis envoyées à tous les pays participants, ce qui permet d'utiliser automatiquement le formulaire de demande correct pour chaque pays. Ce point unique est parfois appelé «guichet unique» et de tels systèmes ont été mis en place par des organisations régionales, la CEPT (Europe) et la CITEL (Amériques).

3.10.4 Autres problèmes posés par l'octroi de licences en ligne

Certaines administrations ont mis en place un «négoce secondaire», ou envisagent de le faire. Par ce terme on entend la possibilité de louer, de vendre ou d'acheter, à titre privé, du spectre sur le marché. L'existence d'un système d'octroi de licences en ligne et, en particulier, l'utilisation d'outils

de gestion du spectre totalement interactifs permettront aux utilisateurs de tester diverses options pour leurs systèmes et donneront des informations sur d'autres utilisateurs qui voudraient faire du négoce avec le spectre qui leur a été attribué.

3.11 Problèmes liés à la sécurité de l'information

Les problèmes liés à la sécurité de l'information, au niveau commercial, national et pour la protection de la sphère privée, ainsi que les possibilités d'utilisation frauduleuse des paiements électroniques sont bien évidemment un domaine qu'une administration doit prendre en compte lorsqu'elle procède à la conception des systèmes de gestion du spectre (voir le Chapitre 2.4 du Manuel – Application des techniques informatiques à la gestion du spectre (Genève 2005).

Références bibliographiques

- BARE S.V. [1990] EMBOWS nazemnyh i kosmicheskikh radioslužb (EMC in terrestrial and space radio services). *Radio i Sviaz*, p. 272.
- BYKHOVSKY M.A., PASTUKH S.Y., TIKHVINSKY V.O. et KHARITONOV N.I. [2002] Prinsipy postroenia gosudarstvennoi avtomatizirovannoi sistemi upravlenia RCHS v Rossii (Principals of development of state automated spectrum management system in Russia). *Electrosviaiz*, **8**.
- DELFOUR M.C. et DE COUVREUR G.A. [1989] Interference-free assignment grids – Part II: Uniform and non-uniform strategies. *IEEE Trans. on Electromag. Compati.*, Vol. 31, **3**, p. 293-305.
- DOTOLEV V.G., KRUTOVA O. et SMOLITCH L.I. [2003]. Programni kompleks dlja upravlenia radiochastotnim spectrum v slujbe veschania (Spectrum management software for broadcasting). *Electrosviaiz*, **7**.
- GAMST A. [1982] Homogeneous Distribution of Frequencies in a Regular Hexagonal Cell System. *IEEE Tr.*, VT-31, **3**, p. 132-144.
- HALE W.K. [1981] New spectrum management tools. Proc. of IEEE International Symposium on EMC, Boulder, Etats-Unis d'Amérique, p. 47-53.
- HUNT K.J. [1984] Planning synthesis for VHF/FM broadcasting. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 195–200.
- LEE W.C.Y. [1989] *Mobile cellular telecommunications systems*. Mc Graw-Hill Book Company.
- O'LEARY T. [1984] Planning considerations for the Second Session of the VHF/FM Planning Conference: the method of foremost priority. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 190-194.
- PAVLIIOUK A.P. [2000] Incentive radio license fee calculation model. ITU/BDT website at http://www.itu.int/ITU-D/tech/spectrum-management_monitoring/MODEL_FULLL.pdf.
- STOCER F. [1984] A computerised frequency assignment method based on the theory of graphs. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 201-214.
- TOPCU S., KOYMEN H., ALTINTAS A. et AKSUN I. [2000] Propagation prediction and planning tools for digital and analog terrestrial broadcasting and land mobile services. Proc. of IEEE 50th Annual Broadcast Symposium, Virginia, Etats-Unis d'Amérique.
- VASILIEV A.V., KAGANER M.B., RUBINSTEIN G.P. et SABUROVA Z.M. [1986] Avtomatizirovannaya sistema ekspertizy elektromagnitnoi sovместimosti radioreleinyh linii, rabotajuschih v diapazone chastot 160 MHz. (An automatic system for EMC examinations of microwave links operating at the frequency range of 160 MHz). *Trudy NIIR*, **4**.
- ACCORD DE VIENNE [30 juin 2000] Accord conclu entre les autorités de télécommunication de l'Autriche, de la Belgique, de la République tchèque, de l'Allemagne, de la France, de la Hongrie, des Pays-Bas, de la Croatie, de l'Italie, de la Lituanie, du Luxembourg, de la Pologne, de la Roumanie, de la République slovaque, de la Slovénie et de la Suisse, sur la coordination des fréquences entre 29,7 MHz et 43,5 GHz pour les services fixes et les services mobiles terrestres. Vienne, 2000.

Bibliographie

BYKHOVSKY M.A. [1993] Chastotnoye planirovanie sotovyh setie podvizhnoy sviazi. (Frequency planning of mobile cellular systems). *Electrosviaiz*, **8**.

Textes de l'UIT-R

- | | |
|--------------------|---|
| Rec. UIT-R BS.412 | Normes de planification pour la radiodiffusion sonore par voie hertzienne de terre à modulation de fréquence en ondes métriques |
| Rec. UIT-R BS.597 | Espacement des canaux pour la radiodiffusion sonore dans la bande 7 (ondes décimétriques) |
| Rec. UIT-R BS.638 | Termes et définitions utilisés dans la planification des fréquences pour la radiodiffusion sonore et télévisuelle |
| Rec. UIT-R BS.703 | Caractéristiques de récepteurs de référence de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude à des fins de planification |
| Rec. UIT-R BS.704 | Caractéristiques des récepteurs de référence de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence à des fins de planification |
| Rec. UIT-R BS.1615 | «Paramètres de planification» pour la radiodiffusion sonore numérique aux fréquences inférieures à 30 MHz |
| Rec. UIT-R BS.1660 | Bases techniques de la planification de la radiodiffusion sonore numérique hertzienne de Terre dans la bande des ondes métriques |
| Rec. UIT-R BT.417 | Valeurs minimales du champ pour lesquelles on peut être amené à prévoir une protection lorsqu'on établit les plans d'un service de télévision analogique de Terre |
| Rec. UIT-R BT.1125 | Objectifs fondamentaux de la planification et de la mise en oeuvre des systèmes de radiodiffusion de télévision numérique de Terre |
| Rec. UIT-R BT.1368 | Critères de planification, y compris rapports de protection, des services de télévision numérique par voie hertzienne de Terre dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques |
| Rec. UIT-R F.382 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans les bandes des 2 et 4 GHz |
| Rec. UIT-R F.383 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes de grande capacité, fonctionnant dans la partie inférieure de la bande des 6 GHz (5 925-6 425 MHz) |
| Rec. UIT-R F.384 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes numériques de moyenne et grande capacités fonctionnant dans la bande 6 425-7 125 MHz |
| Rec. UIT-R F.385 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 7 110-7 900 MHz |
| Rec. UIT-R F.386 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande des 8 GHz (7 725-8 500 MHz) |
| Rec. UIT-R F.387 | Disposition des canaux radioélectriques pour systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 10,7-11,7 GHz |
| Rec. UIT-R F.497 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande des 13 GHz (12,75-13,25 GHz) |
| Rec. UIT-R F.595 | Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 17,7-19,7 GHz |

Rec. UIT-R F.635	Disposition des canaux radioélectriques fondée sur un plan homogène pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande des 4 GHz (3 400-4 200 MHz)
Rec. UIT-R F.636	Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 14,4-15,35 GHz
Rec. UIT-R F.701	Dispositions des canaux radioélectriques pour les systèmes radioélectriques numériques point à multipoint, fonctionnant dans des bandes de fréquences comprises entre 1,350 et 2,690 GHz (1,5; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 et 2,6 GHz)
Rec. UIT-R F.746	Disposition radioélectrique pour les systèmes du service fixe
Rec. UIT-R F.747	Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 10,0-10,68 GHz
Rec. UIT-R F.748	Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes du service fixe fonctionnant dans les bandes de fréquences des 25, 26 et 28 GHz
Rec. UIT-R F.749	Disposition des fréquences radioélectriques pour les systèmes du service fixe fonctionnant dans les sous bandes de la bande 36-40,5 GHz
Rec. UIT-R F.1098	Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 1 900-2 300 MHz
Rec. UIT-R F.1099	Dispositions des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes numériques de grande capacité et de moyenne capacité fonctionnant dans la partie supérieure de la bande des 4 GHz (4 400-5 000 MHz)
Rec. UIT-R F.1242	Disposition des canaux radioélectriques pour les faisceaux hertziens numériques fonctionnant dans la gamme de fréquences 1 350-1 530 MHz
Rec. UIT-R F.1243	Disposition des canaux radioélectriques pour les faisceaux hertziens numériques fonctionnant dans la gamme de fréquences 2 290-2 670 MHz
Rec. UIT-R F.1337	Gestion des fréquences pour les systèmes et réseaux de radiocommunication adaptatifs à ondes décimétriques utilisant le sondage sous incidence oblique par ondes entretenues modulées en fréquence
Rec. UIT-R F.1496	Dispositions de canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 51,4-52,6 GHz
Rec. UIT-R F.1497	Dispositions de canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes fonctionnant dans la bande 55,78-66 GHz
Rec. UIT-R F.1520	Disposition radioélectrique pour les systèmes du service fixe exploités dans la bande 31,8-33,4 GHz
Rec. UIT-R F.1567	Disposition des canaux radioélectriques pour les systèmes hertziens fixes numériques fonctionnant dans la bande de fréquences 406,1-450 MHz
Rec. UIT-R F.1568	Dispositions de blocs de radiofréquences pour les systèmes d'accès hertzien fixe dans la gamme 10,15-10,3/10,5-10,65 GHz
Rec. UIT-R M.1036	Arrangements de fréquences applicables à la mise en oeuvre de la composante de Terre des Télécommunications mobiles internationales (IMT) dans les bandes identifiées pour les IMT dans le Règlement des Radiocommunications (RR)
Rec. UIT-R M.1090	Plans de fréquences pour l'émission de porteuses monovoie au moyen d'un répéteur non linéaire dans le service mobile par satellite
Rec. UIT-R M.1390	Méthodologie de calcul des exigences de spectre de Terre pour les systèmes IMT-2000
Rec. UIT-R M.1391	Méthodologie de calcul des exigences de spectre des satellites IMT-2000
Rec. UIT-R SM.669	Rapports de protection pour les études de partage des fréquences

Rec. UIT-R SM.1049	Méthode de gestion du spectre à utiliser pour faciliter le processus d'assignation de fréquence aux services de terre dans les zones frontalières
Rec. UIT-R SM.1413	Dictionnaire de données des radiocommunications aux fins de la notification et de la coordination
Rec. UIT-R SM.1599	Détermination de la répartition géographique et en fréquence du facteur d'utilisation du spectre aux fins de la planification des fréquences
Rap. UIT-R BO.633	Planification de la ressource orbite-spectre dans le service de radiodiffusion par satellite
Rap. UIT-R BO.634	Mesures des rapports de protection contre le brouillage pour la planification des systèmes de radiodiffusion de télévision
Rap. UIT-R BO.811	Eléments de planification utilisés pour l'établissement des Plans d'assignations de fréquence et de positions orbitales pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz
Rap. UIT-R BO.812	Logiciels pour la planification des services de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 Hz
Rap. UIT-R BO.814	Facteurs à prendre en considération lors du choix de la polarisation pour planifier le service de radiodiffusion par satellite
Rap. UIT-R BS.944	Planification en réseau théorique
Rap. UIT-R BS.946	Contraintes affectant la planification pour la radiodiffusion sonore MF en bande 8 (ondes métriques)
Rap. UIT-R BT.485	Contribution à la planification des services de radiodiffusion (sonore et télévision)
Rap. UIT-R M.319	Caractéristiques des appareils et principes suivis pour l'assignation des canaux radioélectriques au service mobile terrestre entre 25 et 1 000 MHz
Rap. UIT-R M.908	Nombre des voies nécessaires à un système d'appel sélectif numérique
Rap. UIT-R SM.2153	Paramètres techniques et de fonctionnement et fréquences nécessaires pour les dispositifs de radiocommunication à courte portée

CHAPITRE 4

Contrôle du spectre et inspections**Table des matières**

	<i>Page</i>
4.1	Introduction..... 114
4.2	Le contrôle du spectre, un élément du processus de gestion du spectre 114
4.3	Le contrôle des émissions, une aide pour les fonctions de gestion du spectre..... 116
4.3.1	Aide pour la planification des fréquences et l'ingénierie du spectre 116
4.3.2	Aide pour l'octroi de licences d'utilisation du spectre 116
4.3.3	Aide pour la vérification de la bonne application de la législation et la validation de la législation..... 116
4.3.4	Vérification des bases de données..... 117
4.3.5	Détection des effets de la propagation anormale..... 117
4.4	Le contrôle du spectre, les inspections sur site et la vérification de la bonne application de la législation, en tant qu'éléments du processus de gestion du spectre..... 117
4.5	Tâches des services de contrôle des émissions et d'inspection des stations de radiocommunication..... 117
4.5.1	Vérification de la conformité des paramètres techniques avec les conditions fixées dans la licence 117
4.5.2	Enregistrements des bandes de fréquences et mesures de l'occupation des canaux radioélectriques..... 118
4.5.3	Résolution des cas de brouillage 120
4.5.4	Identification et suppression des émissions non autorisées..... 120
4.5.5	Fourniture d'une assistance dans des circonstances particulières par exemple de grands événements sportifs ou des visites d'Etat..... 120
4.5.6	Mesures de la couverture radioélectrique..... 120
4.5.7	Etudes de la compatibilité radioélectrique et électromagnétique 121
4.5.8	Mesures du champ électromagnétique 121
4.6	Stations et installations de contrôle des émissions..... 121
4.6.1	Types de stations de contrôle des émissions 121
4.6.2	Equipements 122
4.6.3	Détection automatique des infractions 122
4.6.4	Intégration des systèmes de contrôle des émissions et de gestion du spectre..... 123

4.1 Introduction

Le présent Chapitre apporte au gestionnaire du spectre des informations sur le rôle que joue le contrôle du spectre pour faciliter les fonctions de gestion du spectre, telles que la planification des fréquences et l'ingénierie du spectre, l'octroi des licences et la vérification de la bonne application de la législation relative au spectre.

Le Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre (édition de 2011) donne des informations détaillées sur la façon de procéder au contrôle du spectre et d'automatiser cette fonction, sur les types d'équipement et des informations générales sur tous les types de mesures. Pour cette raison, le lecteur devrait se reporter à ce Manuel pour avoir de plus amples informations sur le contrôle du spectre.

Les radiocommunications sont devenues une partie de plus en plus stratégique de l'infrastructure des télécommunications et, par voie de conséquence, de l'économie d'un pays. Pour cette raison également, les considérations d'ordre économique concernant la gestion du spectre revêtent de plus en plus d'importance. Ces considérations contribuent à promouvoir à l'efficacité économique, technique et administrative et à une exploitation sans brouillage des services de radiocommunication. Elles incluent la protection des services touchant à la sécurité de la vie humaine, la protection contre les dangers liés aux risques d'exposition et les mesures de la couverture.

La planification théorique à elle seule ne suffit pas pour le gestionnaire du spectre. Pour un certain nombre de raisons, on a besoin de savoir quelle est l'utilisation effective du spectre avant de pouvoir prendre des décisions concernant les assignations de fréquence ainsi que les attributions de bandes de fréquences/spectre, voire les politiques nationales régissant l'utilisation du spectre.

Le contrôle du spectre complète activement le travail global de gestion du spectre en fournissant des résultats de mesure à caractère général sur l'utilisation des canaux et des bandes de fréquences ainsi que des données statistiques sur la disponibilité des canaux et l'efficacité des procédures de gestion du spectre. Le contrôle du spectre peut être considéré comme un contrôle de validation des activités de planification du spectre qui vient confirmer que les politiques de planification en place fonctionnent concrètement ou, si tel n'est pas le cas, apporter des indications pour les améliorer.

Les activités liées aux inspections des stations de contrôle des émissions et aux enquêtes s'inscrivent aussi dans le cadre des activités globales de vérification de l'application des lois et règlements et viennent compléter le processus général de gestion du spectre. L'inspection des nouveaux émetteurs exploités sous licence avant qu'ils ne soient mis en service, la localisation des émetteurs et la cessation des émissions des émetteurs non autorisés ainsi que la suppression des brouillages sont autant de mesures nécessaires pour que le spectre puisse être utilisé et exempt de brouillage.

4.2 Le contrôle du spectre, un élément du processus de gestion du spectre

Le contrôle du spectre représente en quelque sorte les yeux et les oreilles du processus de gestion du spectre. Concrètement, ce contrôle est nécessaire parce que, le monde étant ce qu'il est, le fait d'autoriser l'utilisation du spectre ne garantit pas automatiquement que cette utilisation se fera conformément aux modalités prévues. Cela peut tenir à la complexité de l'équipement, à l'interaction avec un autre équipement, au dysfonctionnement d'un équipement ou à une utilisation délibérément abusive. Ce problème s'est encore aggravé avec la multiplication exponentielle des systèmes hertziens de Terre, des systèmes à satellites et autres équipements susceptibles de causer des brouillages, par exemple les ordinateurs ou d'autres éléments rayonnants dont les brouillages ne sont pas voulus. Le système de contrôle des émissions constitue une méthode de vérification et «boucle la boucle» du processus de gestion du spectre.

Le spectre est utilisé 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, chaque semaine de l'année, que ce soit au niveau local, régional ou mondial. Les activités de contrôle du spectre devraient elles aussi se faire sur une base permanente ou correcte d'un point de vue statistique si l'on veut que les buts et objectifs qui ont été fixés en la matière soient dûment atteints.

En fonction des ressources nationales disponibles, il est possible de décider de la capacité qui devrait être allouée à telle ou telle activité de contrôle des émissions. La participation, en particulier des pays en développement est souhaitable, dans les limites des ressources techniques et des ressources de personnel dont ils disposent.

A l'échelle nationale, le responsable de la réglementation du spectre doit fixer les priorités du service de contrôle du spectre et déterminer si, au-delà des tâches nationales, une coopération aux activités de contrôle des émissions, est possible au niveau international, par exemple en vue de la préparation des Conférences mondiales des radiocommunications.

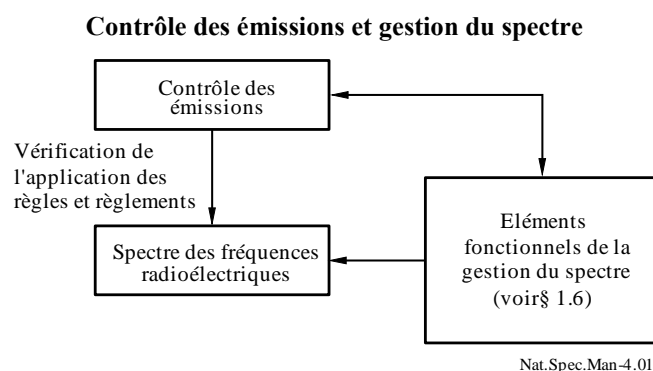
Le contrôle du spectre vient compléter le processus général de gestion du spectre, notamment les fonctions d'assignation des fréquences, de planification de l'utilisation du spectre et de vérification de l'application des règlements. Les objectifs du contrôle du spectre sont, plus précisément, les suivants (pas nécessairement par ordre de priorité):

- fournir à une administration des données de contrôle des émissions précieuses pour la gestion du spectre électromagnétique: utilisation effective des fréquences et des bandes (occupation des canaux et encombrement des bandes), vérification des caractéristiques techniques et opérationnelles des émetteurs, détection et identification des émetteurs non autorisés et création et vérification des inscriptions de fréquences;
- faciliter la résolution des problèmes de brouillage du spectre, au niveau local, régional ou mondial, afin que les services et les stations de radiocommunication puissent coexister en toute compatibilité; les ressources nécessaires à la mise en place et à l'exploitation des services de télécommunication seront ainsi réduites et il y aura des retombées économiques positives pour l'infrastructure du pays puisqu'on pourra avoir accès à des services de télécommunication exempts de brouillage;
- faire en sorte que les programmes radiophoniques et télévisuels offerts au grand public soient de qualité acceptable;
- fournir des données précieuses en matière de contrôle des émissions pour les programmes organisés par le Bureau des radiocommunications (par exemple, élaboration des rapports en vue des conférences des radiocommunications, fourniture d'une assistance particulière aux administrations pour l'élimination des brouillages préjudiciables, recherche de fréquences appropriées ou suppression des émissions hors bande).

Le contrôle des émissions permet d'identifier les futurs besoins de spectre.

Le graphique simplifié (voir la Figure 4.1) montre le rôle du contrôle des émissions dans le processus de gestion du spectre.

FIGURE 4.1



Le spectre est utilisé pour toutes sortes de transmissions radioélectriques. Les éléments de gestion du spectre (par exemple, attribution de fréquences, assignations, octroi de licences, application des règles et règlements) sont déterminants pour une utilisation efficace et efficiente du spectre radioélectrique. Ce sont les autorités des différents pays qui fixent les règles régissant l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques (assignations, paramètres indiqués dans les clauses de la licence, etc.).

Le service de contrôle du spectre surveille l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques et les opérateurs des stations de contrôle des émissions ont le devoir de vérifier si l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques est conforme à la politique de gestion du spectre sous ses divers aspects.

Les stations de contrôle des émissions peuvent, dans le cadre de la surveillance du spectre radioélectrique, également fournir des éléments d'information pour la gestion du spectre, par exemple concernant le réaménagement du spectre, ou des utilisations inattendues de cette ressource. Lorsque, dans le cadre de la gestion du spectre, une autorisation est donnée à titre expérimental pour mettre en place de nouveaux services avant qu'une politique (qu'un règlement) sur ces nouveaux services n'ait été élaborée, le service de contrôle du spectre peut superviser l'exploitation expérimentale de ces services et fournir des informations sur la mise en œuvre afin que les responsables de la gestion du spectre puissent adapter la réglementation proposée.

Les utilisateurs du spectre radioélectrique peuvent être directement concernés en cas de brouillage ou de violations techniques des règlements nationaux (ou internationaux). Une fois qu'ils ont identifié les brouillages, les infractions ou les violations de la réglementation, les opérateurs des stations de contrôle peuvent fournir des précisions concernant ces violations/infractions aux utilisateurs du spectre afin de modifier l'exploitation de ces stations et de les mettre en conformité avec la réglementation. Ce type d'activité de contrôle de la mise en œuvre peut se faire directement au niveau des stations de contrôle. Les mesures peuvent varier allant d'avertissements verbaux ou par écrit à des sanctions plus sévères, par exemple des amendes, la saisie des équipements ne respectant pas la législation ou bien encore la révocation d'une licence en fonction de la gravité de la violation et du degré de coopération du contrevenant.

4.3 Le contrôle des émissions, une aide pour les fonctions de gestion du spectre

Le contrôle du spectre complète activement le travail de gestion du spectre en fournissant des résultats de mesures à caractère général concernant l'utilisation des canaux et des bandes de fréquences ainsi que des données statistiques sur la disponibilité des canaux. Cette activité permet d'obtenir des informations pour la planification et l'assignation des fréquences et également de vérifier l'efficacité de ce processus. Le contrôle des émissions est également utile pour la planification, en ce sens que les gestionnaires du spectre pourront avoir une meilleure idée du degré d'utilisation de cette ressource en comparant les données ainsi recueillies et les assignations qui sont inscrites dans les fichiers de données. Les fonctions suivantes liées au contrôle des émissions facilitent le processus de planification/d'ingénierie et d'assignation des fréquences:

4.3.1 Aide pour la planification des fréquences et l'ingénierie du spectre

Les données fournies par les stations de contrôle des émissions facilitent les fonctions de planification des fréquences/d'ingénierie dans la mesure où elles donnent un aperçu général de l'utilisation effective du spectre en fournissant:

- des graphiques (spectrogrammes) sur l'occupation des bandes de fréquences, qui peuvent être utilisés par exemple pour le réaménagement du spectre;
- des données pratiques sur les possibilités de partage et la compatibilité radioélectrique;
- une évaluation de considérations théoriques, par exemple les modèles de propagation.

4.3.2 Aide pour l'octroi de licences d'utilisation du spectre

Les données fournies par les stations de contrôle des émissions facilitent la fonction d'octroi de licences d'utilisation des fréquences dans la mesure où elles donnent un aperçu général de l'utilisation effective du spectre:

- l'occupation des canaux de fréquence;
- les mesures de la couverture;
- le contrôle des conditions d'octroi de licences.

4.3.3 Aide pour la vérification de la bonne application de la législation et la validation de la législation

Les données fournies par les stations de contrôle des émissions facilitent la fonction de vérification de la bonne application de la législation en fournissant:

- tous les types de mesures permettant de contrôler les divers paramètres techniques d'une émission;
- le traitement des cas de brouillages;

- l'identification des utilisations non autorisées ou illicites du spectre.

4.3.4 Vérification des bases de données

La précision et l'exactitude des bases de données sur la gestion du spectre sont d'un intérêt primordial. De nouvelles assignations faites à partir de données inexactes peuvent être à l'origine de problèmes de brouillage. Les données fournies par les stations de contrôle des émissions peuvent être utilisées pour vérifier l'exactitude des données et faciliter leur mise à jour.

4.3.5 Détection des effets de la propagation anormale

Les bandes d'ondes métriques et décimétriques n'échappent pas aux effets de la propagation anormale. Dans les zones de pression atmosphérique élevée, au-dessus d'étendues d'eau, on peut observer des phénomènes de conduit. Dans les régions de l'ionosphère où l'ionisation est exceptionnellement forte, on peut aussi avoir des effets de propagation anormale, par exemple une propagation par la région E sporadique aux basses fréquences. Il en résulte des brouillages causés par des systèmes fonctionnant à grande distance que l'on considère généralement comme trop éloignés pour justifier des activités de coordination intensives. Ces effets sont le plus souvent passagers et même si on dispose de données statistiques sur ces anomalies, seul le contrôle des émissions permet d'évaluer leur incidence sur tel ou tel système hertzien. La meilleure façon de résoudre ce problème de brouillage est de procéder au cas par cas et si les données fournies par les stations de contrôle des émissions sont de bonne qualité, il sera beaucoup plus facile d'identifier les causes du problème.

4.4 Le contrôle du spectre, les inspections sur site et la vérification de la bonne application de la législation, en tant qu'éléments du processus de gestion du spectre

Une gestion efficace du spectre dépend, en partie, de la capacité du gestionnaire du spectre à superviser l'utilisation du spectre et à veiller au respect de la législation pertinente. Cette supervision repose avant tout sur le contrôle du spectre et les inspections sur site des stations de radiocommunication. Des mesures adéquates doivent être prises pour vérifier la bonne application de la législation, ce qui suppose une base juridique appropriée. Cela renforce et améliore le processus de gestion du spectre.

Toutefois, il faut noter qu'il n'existe pas de définition précise des termes de «contrôle», d'«inspection» et de «mise en application». La distinction entre les entités correspondantes à savoir le «service de contrôle des émissions» et le «service d'inspection des stations de radiocommunication» varie d'une administration à une autre en fonction des systèmes administratifs et juridiques qu'elles utilisent depuis des décennies. En outre, les avancées technologiques récentes, par exemple les têtes radio, empêcheront peut-être de faire une distinction claire entre contrôle et inspection dans l'avenir. Les restrictions de personnel et de budget pourront aussi amener à intégrer les fonctions de contrôle et d'inspection au sein d'une seule et même organisation. Les considérations ci-après sont par conséquent basées sur les tâches et les équipements et non sur les unités administratives.

4.5 Tâches des services de contrôle des émissions et d'inspection des stations de radiocommunication

4.5.1 Vérification de la conformité des paramètres techniques avec les conditions fixées dans la licence

- Contrôle des émissions

Contrôle régulier des émissions nationales pour s'assurer qu'elles sont conformes aux conditions fixées dans la licence et, par la suite, suppression de toutes les émissions non conformes afin d'éviter les brouillages radioélectriques. Les paramètres techniques tels que la fréquence, la largeur de bande, l'écart de fréquence et la classe d'émission doivent être contrôlés.

- Tout comme le contrôle des émissions, les inspections sur site des équipements de radiocommunication visent à encourager le respect des conditions figurant dans la licence et à prévenir les brouillages radioélectriques. Le choix spécifique de l'un ou l'autre de ces outils est dicté par des considérations techniques et économiques. Lors des inspections sur site, on mesure

des paramètres comme la puissance de sortie au niveau de l'émetteur. Davantage d'informations sur les inspections sont données dans le Rapport UIT-R M.2130.

Dans les cas où des diagrammes de rayonnement d'antenne particuliers sont définis dans une licence afin de couvrir une zone géographique, la vérification peut s'effectuer par le biais du contrôle des émissions. Pour vérifier les diagrammes d'antenne d'une station de radiodiffusion en modulation de fréquence, on aura besoin d'un hélicoptère. En effet, c'est ainsi que l'on obtiendra la meilleure précision possible, en effectuant les mesures idéalement dans des conditions de propagation en espace libre.

- Inspection préalablement à l'utilisation de l'équipement
Pour avoir la certitude que l'équipement qui sera utilisé est installé conformément aux conditions techniques indiquées dans la licence, certains pays procèdent à des inspections avant utilisation. Les mesures effectuées sont du même type que celles réalisées lors des inspections sur site régulières.

4.5.2 Enregistrements des bandes de fréquences et mesures de l'occupation des canaux radioélectriques

Les enregistrements des bandes de fréquences visent à faciliter la fonction de planification des fréquences et d'ingénierie du spectre en fournissant des informations sur les fréquences/canaux qui sont utilisés, sur la façon dont ces fréquences et ces canaux sont utilisés et par qui. La mesure d'une bande de fréquences, délimitée par une fréquence de début et une fréquence de fin, est automatisée et le pas de mesure (ou résolution de fréquence) est généralement plus petit que l'espacement des canaux, afin de déterminer le degré d'occupation de l'ensemble de la bande. Les résultats sont présentés sous forme de spectrogrammes. La Figure 4.2 est un exemple de mesure dans la bande des 868 MHz attribuée aux dispositifs à courte portée en Europe. La Figure 4.3 est un diagramme d'occupation de la bande basé sur les mêmes données de contrôle des émissions.

FIGURE 4.2

Exemple de mesure de bande de fréquences (spectrogramme)

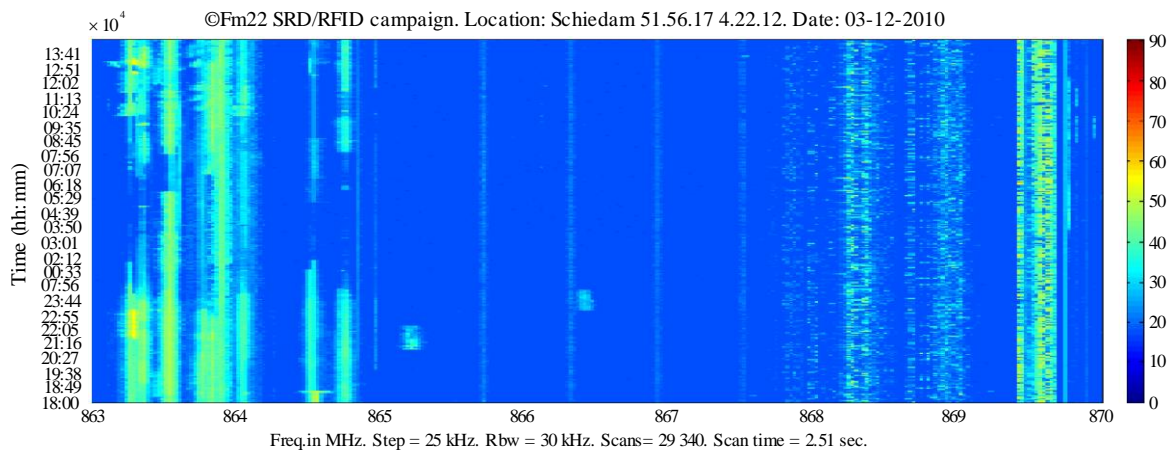
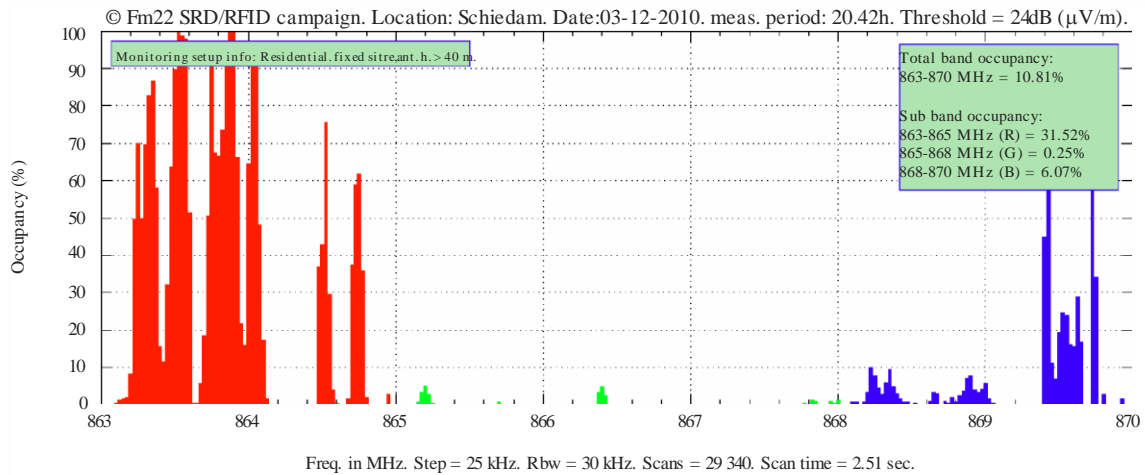


FIGURE 4.3

Exemple de mesure de bande de fréquences (analyse d'occupation du spectre)



Nat.Spec.Man-4.03

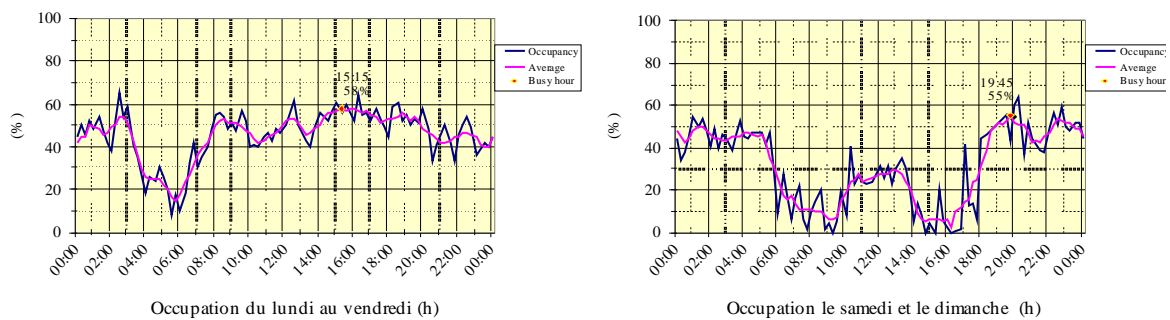
Cette méthode de présentation a pour avantage de fournir un bon aperçu, quoique subjectif, de l'occupation de l'ensemble de la bande. L'inconvénient est qu'elle ne quantifie pas l'occupation de chaque fréquence, si bien qu'on ne dispose d'aucune valeur objective pour pouvoir effectuer une comparaison directe avec d'autres résultats. On peut toutefois compléter cette présentation par un diagramme montrant la durée relative d'occupation de chaque fréquence.

Pour pouvoir donner des informations sur le degré d'occupation d'un canal radiofréquence pendant une période de temps donnée – et par voie de conséquence sur les fréquences qui ne sont pas utilisées – on effectue des mesures d'occupation des canaux de fréquence. Ce type de mesures permet d'obtenir les valeurs d'occupation minimale, maximale ou médiane pour des intervalles spécifiés, par exemple sur 15 minutes.

La Figure 4.4 illustre une mesure de ce type d'occupation d'un canal radiofréquence.

FIGURE 4.4

Rapport relatif à l'occupation d'un seul canal



Nat.Spec.Man-4.03

Un paramètre important pour la mesure de l'occupation d'un canal radioélectrique est le paramètre «heure de pointe». Dans l'exemple ci-dessus, l'heure de pointe en semaine est différente de l'heure de pointe pendant le weekend. Tout dépend du type de service exploité dans le canal radiofréquence. En l'occurrence, le canal est utilisé par les taxis.

Des méthodes de mesure plus évoluées permettent aussi de déterminer combien de canaux d'un système radioélectrique sont utilisés simultanément.

4.5.3 Résolution des cas de brouillage

Compte tenu du rôle grandissant joué par les applications de radiocommunication pour tous les aspects de notre vie quotidienne, il est important, d'un point de vue économique, de trouver et d'éliminer rapidement et efficacement les brouillages radioélectriques. Une priorité particulière doit être accordée à la suppression des brouillages causés aux services de sécurité tels que les services aéronautiques, les services de police et les services de lutte contre les incendies.

Même si la personne qui est victime des brouillages est la mieux placée pour connaître la source du brouillage et les paramètres techniques, dans la plupart des cas, l'opérateur du récepteur n'est pas en mesure d'identifier la source des brouillages causés à l'installation. Par conséquent, après le dépôt de la plainte, il appartiendra à l'autorité responsable de la gestion du spectre d'identifier la source des brouillages et de prendre les mesures appropriées pour y remédier.

4.5.4 Identification et suppression des émissions non autorisées

L'utilisation illicite du spectre des fréquences radioélectriques, contrairement l'utilisation planifiée de cette ressource, constitue l'une des raisons de la survenue de brouillages pour ses utilisateurs; par conséquent, l'organisation responsable de la gestion du spectre devrait prendre des mesures suffisantes pour lutter contre l'utilisation illicite du spectre en surveillant de façon systématique les utilisations illicites de cette ressource. Supprimer les émissions non autorisées, c'est avant tout prévenir les brouillages radioélectriques mais aussi garantir des recettes car seuls les utilisateurs autorisés du spectre des fréquences radioélectriques versent des redevances d'utilisation du spectre. Le régulateur devrait prendre les mesures requises pour garantir la réalisation de ces mesures et l'application des procédures. Il doit y avoir une bonne coopération avec les autres autorités gouvernementales dans les cas de confiscation d'équipements illicites. Le personnel d'investigation doit collecter toutes les informations qui pourraient être nécessaires pour justifier des mesures légales telles que la confiscation, l'imposition d'une amende ou la poursuite devant un tribunal.

4.5.5 Fourniture d'une assistance dans des circonstances particulières, par exemple de grands événements sportifs ou des visites d'Etat

A l'occasion des visites d'hommes d'Etat, des courses de Formule 1 et d'autres événements de grande envergure, on utilise de nombreux équipements radioélectriques dans un espace limité. Souvent, les usagers ne savent pas qu'ils ont besoin d'une assignation de fréquence ou qu'ils peuvent ne pas être en mesure d'utiliser les mêmes fréquences dans chaque pays. Pour éviter les brouillages et intervenir sans délai en cas de brouillage, le service de contrôle des émissions doit, pour des raisons pratiques, se trouver sur place pour contrôler l'utilisation du spectre et agir rapidement afin de rechercher et d'éliminer tout brouillage. Une coopération étroite avec le personnel chargé de l'assignation des fréquences est essentielle.

4.5.6 Mesures de la couverture radioélectrique

Si pour un nouveau réseau, les conditions de la licence prévoient la nécessité d'assurer un service donné, pendant une période de temps donnée et dans une certaine zone géographique d'un pays, l'autorité chargée du contrôle du spectre peut procéder à des mesures pour vérifier que cette exigence est respectée. Toutefois, il convient de noter qu'il n'est pas possible de mesurer directement la couverture dans une zone donnée mais il est possible de vérifier, à l'aide d'outils de planification, les résultats attendus.

Les mesures de la couverture radioélectrique consistent notamment à mesurer des paramètres comme le champ, des paramètres de la qualité comme le taux d'erreur binaire et la puissance dans le canal adjacent. Les gestionnaires des fréquences devraient définir clairement ce qu'ils entendent par couverture. Est-ce simplement le fait de dépasser une certaine valeur de champ ou entend-on par couverture le fait qu'un abonné peut utiliser le service avec une qualité définie?

4.5.7 Etudes de la compatibilité radioélectrique et électromagnétique

Avant d'attribuer des fréquences à une nouvelle application de radiocommunication, il est indispensable d'assurer la compatibilité avec les systèmes radioélectriques existants. Souvent, des études de compatibilité radioélectrique purement théoriques se révèlent insuffisantes. Le service de contrôle du spectre peut être appelé à apporter son aide pour les études pratiques requises.

4.5.8 Mesures du champ électromagnétique

Des mesures du champ électromagnétique rayonné par les émetteurs sont réalisées pour évaluer les risques d'exposition pour les personnes. Les mesures d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques sont importantes lorsque les émetteurs sont de forte puissance et sont situés dans des lieux sensibles comme les écoles ou les hôpitaux. Dans certains pays, les mesures du champ électromagnétique font partie du processus d'octroi de licences.

4.6 Stations et installations de contrôle des émissions

4.6.1 Types de stations de contrôle des émissions

Dans certains pays, la densité de population varie considérablement. La population est concentrée dans certaines zones où la densité de population est, par voie de conséquence, l'utilisation des équipements de radiocommunication sont fortes, tandis que des régions étendues du pays sont très peu densément peuplées. Les personnes qui choisissent les spécifications des systèmes doivent donc indiquer quels sont les besoins de couverture et s'il est nécessaire d'effectuer un contrôle sur l'ensemble du pays ou simplement sur les zones les plus densément peuplées. Le système doit être conçu pour donner des résultats là où on l'en a besoin. Le déploiement des stations de contrôle des émissions est toujours un compromis entre couverture radioélectrique et restrictions budgétaires.

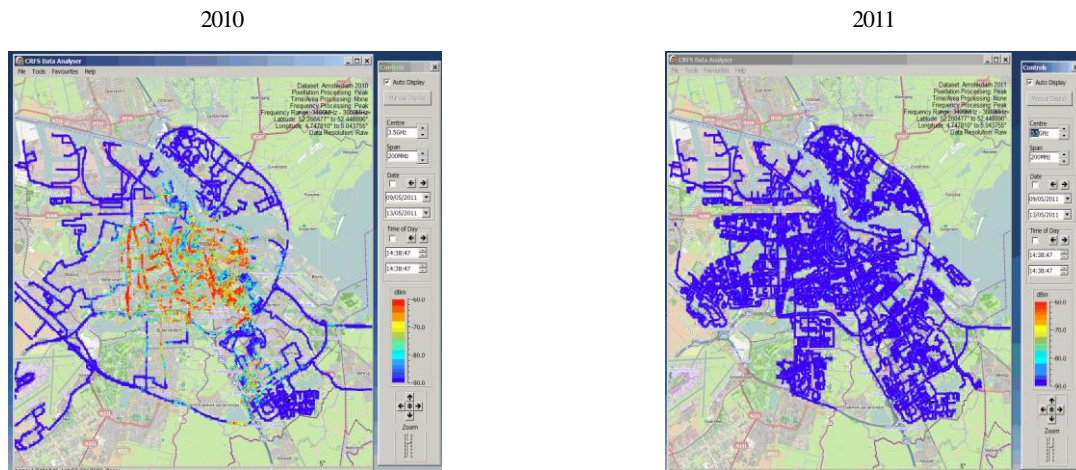
Les stations de contrôle des émissions fixes couvrent souvent une zone étendue. Elles peuvent être équipées de récepteurs, d'analyseurs et de radiogoniomètres adaptés à la gamme de fréquences. Le principal inconvénient des stations de contrôle fixes dotées de personnel (stations surveillées) est le fait même qu'elles sont fixes et qu'elles ne peuvent pas, pour des raisons financières, être déployées en nombre suffisant. Elles sont donc souvent complétées par des stations télécommandées. Les équipements modernes permettent non seulement aux stations d'être commandées à distance par un opérateur, mais ils permettent aussi d'exécuter automatiquement des programmes de mesure, les résultats étant ultérieurement transmis à la station de contrôle surveillée ultérieurement.

Les stations de contrôle des émissions des stations spatiales constituent un type particulier de stations de contrôle des émissions des stations fixes.

Les stations de contrôle mobiles ont pour fonction d'exécuter toutes les opérations de contrôle lorsque la faible puissance des émetteurs, la forte directivité des antennes et les caractéristiques particulières de la propagation ne permettent pas d'effectuer des mesures depuis des positions fixes. La collecte de données fournies par des équipements mobiles est un exemple d'utilisation des stations de contrôle des émissions mobiles. Les stations mobiles peuvent être utilisées avec une fonction d'enregistrement du spectre haut débit entièrement automatisée (niveau RF en fonction de la fréquence comprise entre 20 et 6 000 MHz) pour établir des cartes détaillées d'utilisation du spectre, avec une précision allant jusqu'à la rue, ce qui permet au régulateur d'appréhender et d'anticiper les goulets d'étranglement et les vulnérabilités, de déterminer et de suivre les lignes d'évolution d'utilisation du spectre sur le long terme. La Figure 4.5 illustre l'utilisation du WiMax en 2010 à 3,5 GHz. Une année plus tard, les mêmes mesures ont été faites et à cette date il n'y avait plus le WiMax.

FIGURE 4.5

Utilisation du WiMax pendant deux années consécutives



Nat.Spec.Man-4.05

Les stations de contrôle transportables combinent certaines caractéristiques et certains avantages des stations fixes et des stations mobiles. Les équipements des stations transportables sont généralement installés à l'intérieur d'un abri qui peut être redéployé.

On utilise des équipements portatifs pour localiser les sources radioélectriques sur les derniers mètres. Il est inévitable d'utiliser ce type d'équipements pour localiser les sources de brouillage et les émetteurs non autorisés, en particulier aux fréquences élevées.

4.6.2 Equipements

Les services de contrôle du spectre ont à leur disposition une vaste gamme d'équipements pour effectuer les différentes tâches. Pour chaque bande de fréquences différente, on a besoin de différents types d'antennes, de récepteurs, d'analyseurs, de radiogoniomètres et d'enregistreurs de données. En fonction des tâches particulières à accomplir, il faut aussi pouvoir disposer de divers types d'analyseurs spécifiques à tel ou tel système. Pour avoir des précisions sur les équipements on se reportera aux Chapitres 2, 3 et 5 du Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre.

4.6.3 Détection automatique des infractions

Un système intégré et automatisé de contrôle et de gestion du spectre peut effectuer certaines mesures (degré d'occupation du spectre, paramètres techniques comme la fréquence et la largeur de bande, radiogoniométrie) et comparer ces mesures avec les informations sur les stations exploitées sous licence figurant dans la base de données du système de gestion. Ce processus de détection automatique des infractions permet de repérer à la fois les signaux des stations non assujetties à licence et les signaux des stations exploitées sous licence dont les valeurs s'écartent des paramètres autorisés. Le système indique les infractions possibles qui nécessiteront une investigation plus poussée de la part de l'opérateur pour confirmer la réalité de ces infractions.

Une base de données des licences, valable et complète, est essentielle pour pouvoir détecter automatiquement les infractions. On notera que la détection automatique des infractions est une méthode qui peut fonctionner bien dans des situations et des environnements particuliers mais qui n'est pas toujours applicable. Un certain nombre d'exemples d'utilisation de cette méthode, quoique sous des noms différents, sont donnés dans l'Annexe 1 du Rapport SM.2156.

4.6.4 Intégration des systèmes de contrôle des émissions et de gestion du spectre

Les administrations qui s'occupent à la fois de la gestion et du contrôle du spectre devraient envisager d'utiliser un système automatisé avec une base de données relationnelle classique (voir la Recommandation UIT-R SM.1537). Une telle intégration permet un échange d'informations entre la base de données de gestion et la base de données de contrôle des émissions. Le système de gestion indique ses tâches au système de contrôle et les résultats des opérations de contrôle sont communiqués au système de gestion. D'autres caractéristiques sont intéressantes, notamment l'accès à distance aux ressources du système.

Toutefois, il convient de noter qu'il n'existe pas vraisemblablement un seul et même système intégré de contrôle et de gestion du spectre unique qui permettrait d'effectuer toutes les tâches liées au contrôle du spectre pour toutes les applications de radiocommunication. Il faut garder à l'esprit que l'achat de systèmes intégrés pourrait entraîner une certaine dépendance vis-à-vis d'un seul et même fournisseur.

CHAPITRE 5

Pratiques d'ingénierie du spectre**Table des matières**

	<i>Page</i>	
5.1	Introduction.....	127
	5.1.1 Importance de la base technique.....	127
	5.1.2 Portée du Chapitre	127
5.2	Paramètres techniques.....	127
	5.2.1 Spécifications et homologation des équipements.....	127
	5.2.2 Caractéristiques des équipements.....	128
	5.2.3 Critères de qualité.....	132
5.3	Outils d'analyse technique.....	134
	5.3.1 Modèles de propagation	134
	5.3.2 Données topographiques	139
	5.3.3 Choix du modèle de propagation.....	140
	5.3.4 Antennes et diagrammes de rayonnement de référence	140
5.4	Analyse de brouillages.....	150
	5.4.1 Brouillage dans le même canal.....	151
	5.4.2 Brouillage dû au canal adjacent.....	151
	5.4.3 Désensibilisation.....	152
	5.4.4 Probabilité de brouillage.....	152
5.5	Bandes de fréquences utilisées en partage	155
	5.5.1 Base technique pour les attributions de fréquences en partage (partage entre différents services).....	155
	5.5.2 Partage entre le service mobile terrestre et les services de radiodiffusion	161
	5.5.3 Partage entre les services fixes et les services de radiodiffusion.....	164
	5.5.4 Partage avec les systèmes radar.....	164
	5.5.5 Partage avec le service de radioastronomie	164
	5.5.6 Partage par application des techniques d'étalement du spectre	165
	5.5.7 Résumé des Recommandations de l'UIT-R sur le partage entre les services	168
5.6	Rapports de protection	168
5.7	Niveaux de bruit.....	172
5.8	Limites de rayonnement.....	174
	5.8.1 Limites du CISPR.....	174
	5.8.2 Effets sur la santé d'une exposition aux champs électromagnétiques.....	175

	Page
5.9 Ingénierie des sites	176
5.9.1 Ingénierie des sites en cas de coïmplantation.....	176
5.9.2 Exemple d'infrastructure partagée: les réseaux cellulaires 3G	177
Références bibliographiques	179
Bibliographie	180

5.1 Introduction

5.1.1 Importance de la base technique

Le plus souvent, ce sont les pouvoirs publics ou des organismes nationaux bénéficiant d'une délégation qui ont la charge de gérer le spectre sur le territoire du pays. Ils fixent les politiques nationales, les plans d'attribution, les normes et spécifications admissibles pour les équipements afin de permettre une utilisation harmonieuse du spectre dans l'intérêt national. Les lois physiques de la propagation, ainsi que les caractéristiques techniques des émetteurs et des récepteurs, limitent la gamme des options possibles pour la gestion du spectre. Elles déterminent également les fréquences exemptes de brouillage qui peuvent être assignées en un emplacement donné.

Le spectre radioélectrique est soumis à des pressions de plus en plus fortes en raison de l'introduction de nouveaux services et aussi du développement des services existants. Dans le même temps, il convient que les utilisateurs actuels bénéficient d'un niveau approprié de protection contre les brouillages dans un environnement où un plus grand partage du spectre est inévitable. Les organisations de gestion du spectre doivent donc faire face à un renforcement de la demande dans le domaine technique. Il apparaît de plus en plus que les techniques radioélectriques modernes se perfectionnent rapidement et trouvent des applications dans des services de télécommunication, nouveaux ou classiques, avec des cycles de production et de mise en œuvre dont la durée ne cesse de diminuer. Néanmoins, toute option choisie pour la gestion du spectre doit demeurer techniquement réalisable et doit être mise en pratique en conformité avec les règles et restrictions d'ordre technique qui s'appliquent à elle. Il faut mener des études techniques pour mettre en évidence et quantifier ces restrictions. Les règles devront être formulées par les administrations avec le concours des utilisateurs du spectre.

5.1.2 Portée du Chapitre

On trouvera dans le présent Chapitre une étude relative aux pratiques d'ingénierie du spectre et aux outils analytiques utilisés dans la gestion du spectre. La section consacrée aux paramètres techniques traite des spécifications et de l'homologation des équipements ainsi que des définitions. La section intitulée outils d'analyse technique porte sur les sujets suivants: techniques d'assignation de fréquence et modèles de propagation. La section consacrée à l'analyse des brouillages étudie notamment le partage des bandes de fréquences. D'autres sections ont traité aux sujets suivants: rapports de protection, bruit, limites de rayonnement et ingénierie des sites.

5.2 Paramètres techniques

5.2.1 Spécifications et homologation des équipements

Les spécifications des équipements servent avant tout à fixer les caractéristiques techniques minimales acceptables pour les équipements généralement mis en œuvre en quantité par un grand nombre d'utilisateurs dans le même service de radiocommunication. Il existe deux catégories de spécifications: une catégorie qui concerne les stations radioélectriques titulaires d'une licence, une autre catégorie pour les équipements radioélectriques exonérés de licence. Les spécifications des équipements indiquent presque exclusivement les caractéristiques techniques minimales auxquelles les équipements doivent satisfaire de façon rigoureuse, du point de vue de l'efficacité d'utilisation du spectre et de la minimalisation des brouillages dans les émetteurs et dans les récepteurs. Dans la majorité des cas, elles ne portent pas sur la qualité de service, qui est laissée à l'initiative de l'utilisateur; cela permet de choisir la qualité des équipements à mettre en œuvre pour répondre aux besoins.

Les spécifications de la seconde catégorie ont trait généralement à des équipements à faible puissance qui sont exonérés de licence parce qu'ils ont une portée de transmission limitée. L'exploitation de ces équipements est autorisée dans certaines bandes de fréquences. A part les systèmes d'ouverture des portes de garage, les dispositifs d'alarme et de commande pour les jouets et les téléphones sans cordon, il existe de nombreux autres exemples de tels équipements qui sont de plus en plus utilisés dans le secteur commercial, par exemple les réseaux locaux hertziens (RLAN) et les systèmes d'identification radiofréquence (RFID). Cette catégorie de spécifications traite exclusivement des caractéristiques des émetteurs: puissance maximale, niveaux admissibles des harmoniques, stabilité, et ne bénéficie pas d'une protection contre les brouillages.

Il convient que les spécifications indiquent également les caractéristiques techniques minimales acceptables des émetteurs de radiodiffusion (radio et télévision, analogique et numérique): modes et profondeur de modulation, bandes de fréquences et limites de stabilité, puissance admissible et critères de suppression du bruit.

Etant donné les coûts élevés de la mise en place et de la maintenance des installations d'essai, les administrations ont intérêt à conclure des accords pour parvenir à une reconnaissance mutuelle des résultats des essais. Cela s'applique tout particulièrement au cas de l'équipement dont le volume de production est faible et qui exige des tests complexes.

Dans la section suivante, on trouvera la définition de ces caractéristiques importantes, ainsi que les méthodes qui permettent de les calculer.

5.2.2 Caractéristiques des équipements

On trouvera ici un bref aperçu des caractéristiques qui, si elles n'étaient pas réglementées, pourraient causer des brouillages à d'autres systèmes et compromettraient l'efficacité d'utilisation du spectre. Ces caractéristiques sont essentiellement les suivantes:

- a) Fréquences porteuses
- b) Puissance d'émission
- c) Tolérance de fréquence des émetteurs
- d) Largeur de bande des émissions
- e) Rayonnements non désirés des émissions
- f) Produits d'intermodulation
- g) Sensibilité des récepteurs radioélectriques.

D'autres caractéristiques peuvent influencer sur la qualité de service sans toutefois produire des effets directs sur d'autres services par le biais de brouillages possibles. Il faudra peut-être que les caractéristiques en question soient réglementées dans le cas de certaines applications: par exemple, les services visant à assurer la sécurité de la vie humaine. Dans d'autres cas, il peut être utile d'avoir une réglementation limitée, voire de n'en avoir aucune. En pareil cas, les fabricants désignent les caractéristiques concernées ainsi que les autres aspects de qualité associés qui entrent dans la conception proprement dite et c'est en fin de compte le consommateur qui opérera son choix d'après un rapport coût/qualité. Dans ce contexte, l'administration veillera à élaborer et à diffuser les mesures qu'elle aura adoptées pour résoudre les plaintes en matière de brouillage qui résultent, par exemple, d'un mauvais fonctionnement des récepteurs.

Pour les besoins de l'ingénierie du spectre, il faut indiquer à la fois les valeurs des caractéristiques essentielles et les autres points. En l'absence d'une réglementation des caractéristiques, il peut être nécessaire de définir des valeurs pour les besoins de la planification. De plus, il peut être approprié de publier ces valeurs aux fins d'utilisation sur une base volontaire et associer cette activité aux mesures qui seront prises pour mener des recherches dans le domaine des brouillages.

Ces caractéristiques sont définies dans la suite de la présente section où l'on trouvera aussi une étude de la sensibilité des récepteurs.

a) Fréquences porteuses

Il est absolument indispensable de veiller à ce que la fréquence de fonctionnement des émetteurs corresponde à leur fréquence assignée, faute de quoi les brouillages causés à d'autres services sont presque inévitables.

b) Puissance d'émission

Dans l'Article 1 du Règlement des radiocommunications (RR), la puissance d'émission est définie en termes de puissance en crête, de puissance moyenne ou de puissance de la porteuse. La puissance de l'émetteur devrait être limitée à un niveau minimal conforme au fonctionnement satisfaisant du système radioélectrique. Si cette caractéristique n'est pas bien contrôlée, il peut en résulter des brouillages causés aux autres utilisateurs à qui la même fréquence est assignée dans des zones géographiques différentes.

c) Tolérances de fréquence des émetteurs

La tolérance de fréquence est définie dans l'Article 1 du RR: c'est l'écart maximal admissible entre la fréquence assignée et la fréquence située au centre de la bande occupée par une émission, ou entre la fréquence de référence et la fréquence caractéristique d'une émission. La tolérance de fréquence est exprimée en millionnièmes ou en hertz.

Une considération importante pour l'utilisation efficace du spectre est la suivante: la largeur de spectre perdue du fait de l'instabilité doit représenter une petite partie de la largeur de bande nécessaire utilisée pour les communications. On a adopté la valeur $\pm 1\%$ de la largeur de bande représentative comme chiffre indicatif pour la valeur de la tolérance en fréquence qui pourrait être acceptable au point de vue de l'économie de spectre. Dans certains cas, par exemple en radiodiffusion A3E, la tolérance doit être assez petite pour réduire le brouillage dans un même canal imputable aux battements entre des porteuses situées hors fréquences.

Dans les réseaux radiotéléphoniques à bande latérale unique comportant plusieurs stations qui fonctionnent sur une même fréquence, la tolérance doit être assez petite pour permettre la suppression de la porteuse et donner une bonne intelligibilité de la voix sans reréglage des récepteurs.

Pour certaines catégories de stations, il n'est pas indispensable de respecter une tolérance en fréquence stricte, cela pour des raisons tenant à l'exploitation et à l'administration. Prenons l'exemple des systèmes radar mobiles: ici, le problème administratif des assignations de fréquence rigides ne se pose plus et, du point de vue de l'exploitation, on réduit le brouillage en s'arrangeant pour que les tolérances normales de fabrication soient réparties à l'intérieur des bandes de fréquences assignées.

La plus grande difficulté lorsqu'on veut améliorer les tolérances est un problème d'ordre économique: le problème posé par le grand nombre des émetteurs en fonctionnement et qui ont été construits conformément aux tolérances existantes. L'Appendice 2 du RR définit la tolérance de fréquence maximale admissible pour différentes catégories d'émetteurs. La Recommandation UIT-R SM.1045 indique les tolérances réalisables dès maintenant ainsi que les objectifs à long terme pour certaines bandes de fréquences, catégories de stations et classes d'émission. La puissance indiquée pour les diverses catégories de stations est, sauf indication contraire, la puissance en crête (p.e.p.) pour les émetteurs à bande latérale unique et la puissance moyenne pour tous les autres émetteurs. Le terme «puissance d'un émetteur radioélectrique» est défini dans l'Article 1 du RR.

d) Largeur de bande des émissions

Conformément au numéro 3.9 de l'Article 3 du RR, les largeurs de bande des émissions doivent également permettre d'assurer l'utilisation la plus efficace possible du spectre, ce qui signifie en général que les largeurs de bande doivent être maintenues aux valeurs les plus basses permises par l'état de la technique et la nature du service à assurer. Au numéro 1.152 de l'Article 1 du RR, la largeur de bande nécessaire est définie comme suit: «Pour une *classe d'émission* donnée, largeur de la bande de fréquences juste suffisante pour assurer la transmission de l'information à la vitesse et avec la qualité requises dans des conditions données». La largeur de bande nécessaire peut être calculée en suivant la méthode générale indiquée dans la Recommandation UIT-R SM.328 pour les différentes classes d'émission. La Recommandation UIT-R SM.853 décrit une méthode permettant de calculer la largeur de bande nécessaire des systèmes MRF multivoies et la Recommandation UIT-R SM.1138 (incorporée par référence dans le RR) décrit une méthode permettant de calculer la largeur de bande nécessaire et fournit également quelques exemples.

L'émission située en dehors de la largeur de bande nécessaire est appelée rayonnement non désiré. Conformément au numéro 1.153 du RR, la largeur de bande occupée est définie comme suit: «Largeur de la bande de fréquences telle que, au-dessous de sa fréquence limite inférieure et au-dessus de sa fréquence limite supérieure, soient émises des *puissances moyennes* égales chacune à un pourcentage donné $\beta/2$ de la *puissance moyenne* totale d'une *émission* donnée.» En l'absence de spécifications dans une Recommandation UIT-R pour la *classe d'émission* considérée, la valeur $\beta/2$ doit être prise égale à 0,5%. Conformément à la Recommandation UIT-R SM.328, «une émission doit être considérée comme optimale du point de vue de l'utilisation efficace du spectre lorsque sa largeur de bande occupée est égale à la largeur de bande nécessaire pour sa classe d'émission».

Etant donné qu'il est difficile d'appliquer ces définitions dans les cas de mesures, on trouvera dans la Recommandation UIT-R SM.328 une troisième définition pour la largeur de bande à x dB, à savoir:

«Largeur d'une bande de fréquences à l'extérieur de laquelle toute composante spectrale d'un spectre discret ou toute densité spectrale de puissance d'un spectre continu est inférieure d'au moins une valeur donnée x dB par rapport à un niveau de référence 0 dB prédéterminé».

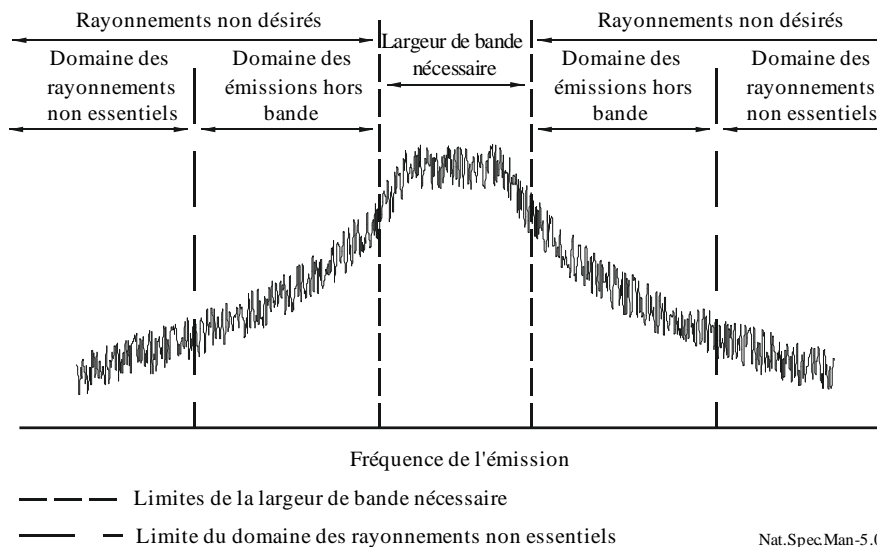
On trouvera des indications supplémentaires sur la largeur de bande des différentes émissions dans la Recommandation UIT-R SM.328. De plus, le Manuel de l'UIT-R sur le contrôle du spectre radioélectrique fournit des indications supplémentaires sur les mesures pratiques de la largeur de bande.

e) Rayonnements non désirés des émetteurs

Les rayonnements non désirés comprennent les émissions hors bande et les rayonnements non essentiels. Les émissions hors bande sont la composante principale des rayonnements non désirés à proximité de l'émission fondamentale et les rayonnements non essentiels dominent plus loin par rapport à l'émission fondamentale bien qu'aucune limite précise n'existe entre les deux. En vue d'établir des limites concrètes applicables aux rayonnements non désirés, il a été décidé, dans le cadre des travaux récents effectués par l'UIT-R, de définir le domaine des émissions hors bande et le domaine des rayonnements non essentiels.

FIGURE 5.1

Domaine des émissions hors bande et domaine des rayonnements non essentiels



Le domaine des émissions hors bande est la bande de fréquences située immédiatement en dehors de la *largeur de bande nécessaire* mais ne comprenant pas le *domaine des rayonnements non essentiels* dans lequel les *émissions hors bande* prédominent en général.

Le domaine des rayonnements non essentiels est la gamme de fréquences au-delà du *domaine des émissions hors bande* dans lequel les *rayonnements non essentiels* prédominent en général.

Les *émissions* hors bande, définies en fonction de leur source, se produisent dans le domaine des émissions hors bande et, dans une moindre mesure, dans le domaine des rayonnements non essentiels. De la même manière, les rayonnements non essentiels peuvent se produire dans le domaine des émissions hors bande ainsi que dans le domaine des rayonnements non essentiels.

Les domaines sont caractérisés par le type de rayonnement non désirés qui est prédominant, la limite entre les domaines correspondant généralement à 2,5 fois la largeur de bande nécessaire, mais il existe certaines exceptions. La Recommandation UIT-R SM.1539 donne des indications sur ces exceptions.

L'Appendice 3 du RR indique les limites des rayonnements non essentiels applicables à différents services de radiocommunication. La Recommandation UIT-R SM.329 fournit davantage de précisions sur les rayonnements non désirés dans le domaine des rayonnements non essentiels.

La Recommandation UIT-R SM.328 présente une méthode générale permettant de déterminer la largeur de bande nécessaire et fournit des indications sur les caractéristiques des émissions hors bande pour différents

services de radiocommunication. Il convient de noter que les caractéristiques indiquées sont des «limites strictes» tirées d'exemples de caractéristiques appliqués avec succès au niveau régional ou national.

En ce qui concerne les rayonnements non désirés, l'une des considérations principales en matière d'ingénierie du spectre concerne l'incidence des émissions dans le domaine des émissions hors bande tombant dans une bande adjacente attribuée à un autre service. Cette question peut s'avérer particulièrement importante pour les émetteurs de grande puissance fonctionnant dans des bandes adjacentes de récepteurs sensibles. Les liaisons descendantes de satellites fonctionnant à proximité des bandes de radioastronomie constituent un exemple évident, qui a d'ailleurs fait l'objet d'une étude détaillée en application de la Recommandation 66 (Rév.CMR-2000). Toutefois, au niveau national, il convient de tenir dûment compte des émetteurs radars et de radiodiffusion à grande puissance qui peuvent influencer sur les utilisateurs de bandes adjacentes. Des indications supplémentaires sont données dans la Recommandation UIT-R SM.1540.

f) Produits d'intermodulation

Il y a génération de produits d'intermodulation lorsque deux signaux ou plus sont appliqués à un dispositif non linéaire. Les fréquences d'intermodulation du troisième ordre sont de la forme: $2f_1 \pm f_2$, et $f_1 \pm f_2 \pm f_3$, où f_1 , f_2 et f_3 désignent respectivement les fréquences porteuses des émetteurs 1, 2 et 3. Dans le cas d'un seul émetteur, les produits d'intermodulation sont causés généralement par l'intermodulation entre les bandes latérales de modulation et tombent dans les canaux adjacents. Un problème plus sérieux se pose lorsque deux émetteurs ou plus sont copositionnés, avec couplage entre le signal d'un de ces émetteurs et les étages de sortie de l'autre.

Les produits d'intermodulation les plus importants sont ceux du troisième ordre et des ordres impairs plus élevés; ces produits ne peuvent pas être affaiblis par filtrage car ils sont proches du spectre de fréquences des signaux utiles. Les fréquences des produits du troisième ordre sont formées à partir des fréquences fondamentales de deux émetteurs copositionnés ou plus. On peut être amené à prendre en compte des produits d'ordre plus élevé dans le cas d'un grand nombre d'émetteurs copositionnés.

Le couplage mutuel entre antennes a pour effet d'envoyer en contre-réaction des signaux non désirés dans l'étage de puissance à la sortie de chaque émetteur. L'étage de sortie d'un amplificateur de puissance peut présenter une impédance non linéaire effective à ces signaux, d'où la possibilité de génération et de rayonnement secondaire de produits d'intermodulation. L'amplitude du signal non essentiel ainsi rayonné dépend principalement des facteurs suivants:

- la puissance de l'émetteur brouilleur;
- les pertes par couplage des antennes;
- l'affaiblissement de conversion: rapport de la puissance du signal brouilleur provenant d'une source externe à la puissance du produit d'intermodulation, mesuré à la sortie de l'émetteur brouillé, compte non tenu de la sélectivité en fréquence de l'émetteur;
- la sélectivité en fréquence des circuits de sortie de l'émetteur et de l'antenne.

L'affaiblissement de conversion d'un émetteur est déterminé par deux paramètres: la fonction non linéaire en large bande de l'étage de sortie et le degré de découplage entre la fonction non linéaire et la charge. Pour les émetteurs MF avec amplificateurs de puissance à semi-conducteur fonctionnant en classe C, cet affaiblissement est compris entre 3 et 20 dB. Il est de l'ordre de 50 dB dans le cas des émetteurs à fonctionnement linéaire avec BLU. Pour les émetteurs de radiodiffusion à ondes kilométriques, hectométriques ou décimétriques, l'affaiblissement de conversion d'un amplificateur de haute puissance typique à tubes électroniques peut s'abaisser jusqu'à 10 dB.

Les émetteurs alimentant un amplificateur de puissance commun peuvent engendrer des produits d'intermodulation. Il est possible de relier plusieurs émetteurs à une antenne commune en combinant les signaux avant amplification. Lorsque les émetteurs utilisent en partage un amplificateur de puissance commun, il est probable que les produits d'intermodulation apparaîtront dans cet amplificateur. En règle générale, il existe une relation inverse entre le niveau des produits générés à l'intérieur et le rendement de l'amplificateur.

Des produits d'intermodulation peuvent être engendrés par des éléments non linéaires situés près des antennes. Des composantes harmoniques et d'intermodulation non désirés peuvent aussi être produites par l'excitation de conducteurs contenant des contacts non linéaires dans les antennes ou sur des structures métalliques voisines

des émetteurs. Des non-linéarités peuvent apparaître sur des jonctions métal-métal dans les mâts d'antenne et les lignes de transmission. Certaines non-linéarités sont dues à l'utilisation inévitable de métaux différents et à la corrosion.

La corrosion représente une menace omniprésente, surtout dans les régions côtières ou en cas de pollution atmosphérique. Le seul moyen de combattre cet effet indésirable est de réaliser des raccords parfaitement ajustés dans les structures métalliques et les antennes. Des détails sont fournis dans la section intitulée «Ingénierie des sites en cas de coïmplantation».

On trouvera des données ainsi que des indications supplémentaires sur l'intermodulation dans la Recommandation UIT-R SM.1446 ainsi que dans le Rapport UIT-R SM.2021.

g) **Sensibilité des récepteurs radioélectriques**

Le texte qui suit est fondé sur la Recommandation UIT-R SM.852. Il définit les critères relatifs au rapport signal/bruit couramment utilisés pour mesurer la sensibilité des récepteurs radioélectriques. Selon la Recommandation UIT-R SM.852, on définit comme suit la sensibilité mesurée des récepteurs analogiques à un seul canal pour les émissions de la classe F3E utilisées dans les services terrestre et maritime:

«méthode SINAD», dans laquelle la grandeur prise comme référence est le rapport (signal + bruit + distorsion)/(bruit + distorsion), ou $SND/ND = 12$ dB, mesuré en présence d'une modulation par un filtre éliminateur du signal d'essai.

La sensibilité doit être mesurée avec les filtres de bande de base effectivement utilisés dans le récepteur, si celui-ci est équipé de tels filtres. Dans la plupart des cas, la sensibilité d'un récepteur est dégradée si des signaux brouilleurs sont présents à l'entrée. En conséquence, si l'on veut caractériser complètement un récepteur, il faut mesurer sa sensibilité en présence et en l'absence de brouilleurs. On trouvera plus loin des indications sur les modes de dégradation les plus fréquents.

En modulation numérique, procédé dans lequel il est facile d'accéder directement au train de données reconstitué, la meilleure façon de mesurer la sensibilité est d'appliquer un critère de taux d'erreur.

5.2.3 Critères de qualité

Pour les systèmes vocaux numériques, la qualité de fonctionnement du processeur de parole doit aussi être évaluée par des méthodes numériques; en revanche, la qualité du conduit de transmission peut être évaluée par une mesure des taux d'erreur. Il existe des courbes qui indiquent la relation existant entre le taux d'erreur binaire, le rapport signal/bruit et la qualité de la transmission vocale; ces courbes sont tracées pour des systèmes de numérisation avec poursuite du signal («*waveform follower digitization systems*») tels que la modulation par impulsions et codage (MIC) et la modulation delta à pente continûment variable (CVSD, *continuing variable delta slope modulation*). On observe actuellement un effort de normalisation dans le domaine des systèmes de numérisation avec poursuite de la source, par exemple la prédiction linéaire excitée par répertoire de séquences codées (CELP, *code excited linear prediction*). On devrait donc disposer par la suite de courbes similaires montrant la variation de la qualité de la parole en fonction du taux d'erreur binaire.

Pour la transmission de données, le critère de qualité préféré est la probabilité de taux d'erreur. On peut faire en sorte que ce critère, qui est indépendant de la structure ou du contenu des messages, soit applicable à tous les systèmes. Il existe des courbes qui représentent la variation du taux d'erreur binaire en fonction du rapport E_b/N_0 , pour tous les systèmes de modulation et techniques de correction d'erreur les plus répandus.

5.2.3.1 Note d'appréciation de la netteté et indice de netteté

La mesure fondamentale de l'intelligibilité d'un système de transmission de la voix s'exprime par le pourcentage de mots compris correctement sur un canal perturbé par un brouillage. Cette mesure s'appelle note d'appréciation de la netteté (AS, *articulation score*). Afin de pallier les difficultés liées à la mesure de AS, on a élaboré et étalonné la méthode de l'indice de netteté (IN) pour plusieurs types de brouillage.

L'expérience a montré que la plus petite valeur de IN avec laquelle on obtient toujours un transfert d'information correct en langage clair est 0,7 dans une échelle allant de 0 à 1, et que la plus petite valeur acceptable de IN pour l'obtention d'une liaison utile est de 0,3.

5.2.3.2 Seuils inférieurs de brouillage

Un seuil de dégradation, ou seuil inférieur de brouillage (SIB) ne constitue pas une mesure du seuil de performance, mais il permet d'évaluer les effets du brouillage sur la transmission de la parole. C'est le niveau auquel on commence à percevoir le brouillage à la sortie audiofréquences. Comme ce niveau se détermine par évaluation subjective, le résultat obtenu peut varier pour deux raisons: la subjectivité inhérente à l'intervention humaine et la manière dont on fait percevoir le seuil aux sujets qui écoutent. En particulier, cette perception peut se faire par élévation ou abaissement du niveau du signal brouilleur par rapport à un niveau fixe du signal utile. Dans le premier cas, l'essai commence par un brouillage nettement perceptible et s'arrête, après diminution, quand le brouillage devient juste perceptible. Dans le second cas, on augmente le brouillage jusqu'à ce que le sujet indique qu'il commence de l'entendre.

L'essai peut se faire aussi en l'absence de signal utile. On procède ainsi pour mesurer la qualité de transmission de systèmes à haute-fidélité ou la qualité d'un canal son d'un système de télévision, où la présence d'un signal brouilleur, transmis alors que l'auditeur ne perçoit pas de signal utile, risque d'être inacceptable. En effet, comme le signal utile tend à masquer la présence du signal brouilleur, le seuil à imposer à celui-ci doit être plus bas dans ce cas qu'en présence du signal utile.

Des mesures effectuées, il ressort que le SIB est une fonction du rapport brouillage/bruit. C'est pourquoi, pour une valeur donnée du rapport signal/bruit, le SIB correspond également à un rapport signal/brouillage. Le SIB est un seuil qui peut servir à délimiter une zone à brouillage négligeable par rapport à une zone à brouillage admissible; il peut contribuer à la solution de problèmes de coordination des fréquences.

5.2.3.3 Parole à codage numérique

Pour les systèmes de numérisation de la parole avec poursuite du signal, tels que MIC et CVSD, la note d'appréciation de la netteté est généralement invariable en présence de taux d'erreur inférieurs à 10^{-4} ; elle se dégrade à 0,7 pour un taux d'erreur de 3×10^{-2} en MIC et de 10^{-1} en CVSD. Pour des taux d'erreur plus élevés, la dégradation est tellement rapide que les systèmes sont généralement considérés comme étant inutilisables. Dans les applications où l'on a besoin d'un grand rapport signal/bruit, il faut utiliser des débits de données élevés et la dégradation peut intervenir avec des taux d'erreur binaire aussi petits que 10^{-6} . On prévoit généralement que les modèles fonctionnant avec poursuite de la source donneront des caractéristiques similaires mais pour des débits de données beaucoup plus petits.

5.2.3.4 Systèmes numériques

Pour un système numérique, une probabilité d'erreur binaire de 10^{-6} a été choisie comme taux d'erreur binaire minimum. Pour les mêmes systèmes, des probabilités d'erreur binaire de 10^{-2} et 10^{-4} ont été choisies respectivement comme taux d'erreur binaire maximum et médian. Les seuils ont été spécifiés en termes de probabilité d'erreur binaire et non de taux d'erreur sur les caractères; les résultats seront donc applicables à tous les systèmes, quelle que soit la structure des messages. Les valeurs du rapport E_b/N_0 nécessaires pour atteindre ces seuils sont définies pour plusieurs types de modulation.

5.2.3.5 Systèmes aéronautiques

La Recommandation UIT-R SM.851 définit les seuils de brouillage pour les radiophares d'alignement de piste ILS, les équipements VOR et les récepteurs COM.

5.2.3.6 Signaux de télévision

Analogique

On utilise deux échelles pour définir les niveaux de dégradation de la composante vidéo des signaux de télévision: l'échelle TASO à 6 notes et l'échelle à 5 notes à double stimulus de l'UIT-R. L'échelle à 5 notes, dont l'utilisation est recommandée depuis 1974, est reproduite dans le Tableau 5-1. Pour le service de radiodiffusion télévisuelle de Terre, en présence d'un brouillage troposphérique de courte durée, la valeur maximale admissible du niveau de brouillage doit correspondre à la note 3 sur l'échelle de l'UIT-R, et à la note 4 en présence d'un brouillage agissant pendant plus de 50% du temps. Pour le service de télévision par satellite, le niveau de brouillage admissible doit correspondre aux notes 4 et 5.

TABLEAU 5-1

Echelle de dégradation à double stimulus

Note	Critère de brouillage
5	Imperceptible
4	Perceptible mais non gênant
3	Légèrement gênant
2	Gênant
1	Très gênant

Numérique

La Recommandation UIT-R BT.2033 donne les rapports de protection requis applicables aux systèmes de radiodiffusion vidéo numérique (DVB), pour toute une série de canaux, dans le cadre de l'étude relative à la compatibilité entre les stations de base LTE (Long-Term Evolution) et les équipements d'utilisateur (UE) dans les bandes des ondes métriques et décimétriques.

5.3 Outils d'analyse technique**5.3.1 Modèles de propagation**

L'affaiblissement des signaux dans la propagation des ondes radioélectriques est l'un des paramètres clés à prendre en considération pour déterminer l'étendue pratique de la zone de couverture d'un système de radiocommunication et le niveau du brouillage non désiré. Il existe les modes de propagation suivants: guide d'ondes, ondes de sol, ondes ionosphériques, ondes d'espace (composées d'une onde directe et d'une onde réfléchie au sol), diffraction, diffusion troposphérique et visibilité directe (de point à point ou de Terre à satellite). Le Tableau 5-2 récapitule les modes de propagation, les portées de communication, les largeurs de bandes utilisées, le brouillage potentiel pour les bandes de fréquences s'échelonnant des ondes myriamétriques aux ondes millimétriques.

TABLEAU 5-2

Modes de propagation et utilisation des diverses bandes de fréquences

Bande	Fréquence	Mode	Portée de communication	Largeur de bande	Volume de brouillage	Utilisation
Ondes myriamétriques	3-30 kHz	Guide d'onde	Plusieurs milliers de km	Très limitée	Très étendu	Mondiale, communications de radionavigation et stratégiques à grande distance
Ondes kilométriques	30-300 kHz	Onde de sol, onde ionosphérique	Plusieurs milliers de km	Limitée	Très étendu	Communications de radionavigation et stratégiques à grande distance
Ondes hectométriques	0,3-3 MHz	Onde de sol, onde ionosphérique	Quelques milliers de km	Moyenne	Très étendu	Point à point sur distance moyenne, radiodiffusion et mobile maritime

TABLEAU 5-2 (*fin*)

Modes de propagation et utilisation des diverses bandes de fréquences

Bandes	Fréquence	Mode	Portée de communication	Largeur de bande	Volume de brouillage	Utilisation
Ondes déca-métriques	3-30 MHz	Onde ionosphérique	Jusqu'à plusieurs milliers de km	Grande	Très étendu	Point à point sur grande et petite distance, radiodiffusion mondiale, mobile
Ondes métriques	30-300 MHz	Onde d'espace, diffusion troposphérique, diffraction	Jusqu'à quelques centaines de km	Très grande	Limité	Point à point sur petite et moyenne distance, mobile, réseaux LAN, radiodiffusion sonore et télévisuelle, communications personnelles
Ondes déci-métriques	0,3-3 GHz	Onde d'espace, diffusion troposphérique, diffraction, visibilité directe	En général, moins de 100 km	Très grande	Limité	Point à point sur petite et moyenne distance, mobile, réseaux LAN, radiodiffusion sonore et télévisuelle, communications personnelles, communications par satellite
Ondes centi-métriques	3-30 GHz	Visibilité directe	30 km; plusieurs milliers de km pour bonds multiples et satellites	Très grande, jusqu'à 1 GHz	Généralement limité	Point à point sur petite distance, radiodiffusion sonore et télévisuelle, réseaux LAN, mobile, communications personnelles, communications par satellite
Ondes milli-métriques	30-300 GHz	Visibilité directe	20 km; plusieurs milliers de km pour bonds multiples et satellites	Très grande, jusqu'à 10 GHz	Généralement limité	Point à point sur petite distance, systèmes microcellulaires, réseaux LAN et communications personnelles, communications par satellite

Les propriétés du signal radioélectrique reçu après propagation à partir d'une antenne d'émission dépendent des caractéristiques du terrain au-dessus duquel s'est faite la propagation, ainsi que des caractéristiques et de la variabilité de l'ionosphère et de la troposphère. En conséquence, pour pouvoir estimer avec précision l'intensité du signal ou l'affaiblissement de transmission, de même que l'atténuation du signal, il faut tenir compte de l'emplacement des stations terminales, de la saison et de l'heure du jour, ainsi que du paramètre statistique (par exemple, pourcentage de temps) requis. La propagation des ondes radioélectriques est le domaine de la Commission d'études 3 des radiocommunications. Les modèles de cette propagation sont complexes car il faut prendre en compte de nombreux effets différents, par exemple la réflexion, la diffraction, la diffusion et la propagation guidée. Pour beaucoup de travaux d'analyse du spectre et d'assignation de fréquence, il est nécessaire de faire des évaluations simplifiées des affaiblissements de propagation. Bem [1979] a fait une étude synoptique des phénomènes de propagation qui influent sur les services de radiocommunication et sur l'analyse des brouillages.

L'utilisateur du spectre a besoin d'avoir une estimation détaillée de la couverture ou de la fiabilité de son émission. Pour la gestion ou la planification des fréquences, il suffira peut-être de faire des hypothèses simplifiées et «optimistes» sur la couverture ou l'intensité du signal; par exemple, l'hypothèse d'une propagation en espace libre, qui explique les affaiblissements par étalement spatial (Recommandation UIT-R P.525) et n'est pas influencée par l'atmosphère ni par les effets d'écran du terrain. Un signal utile doit

avoir une grande fiabilité, auquel cas il suffira de considérer le niveau d'un signal brouilleur susceptible de se manifester pendant un petit pourcentage de temps. A noter qu'il faut disposer de méthodes plus précises si l'on veut obtenir ce niveau de certitude pour l'occurrence plus courte des signaux brouilleurs (brouillage).

On trouvera ci-après un bref exposé sur plusieurs modèles de propagation. Pour des études plus complètes, on se reportera aux Recommandations de la Série P de l'UIT-R.

Ondes myriamétriques ($f < 30$ kHz)

Aux fréquences inférieures à 30 kHz, les affaiblissements de propagation sont voisins de ceux observés dans la propagation en espace libre. Dans cette gamme de fréquences, le signal peut se propager dans le monde entier en mode guide d'ondes entre l'ionosphère et la Terre.

Ondes kilométriques ($30 < f < 300$ kHz)

Deux modes de propagation ont une grande importance dans cette gamme de fréquences: le mode onde de sol, qui détermine souvent la limite du signal utile, et le mode onde ionosphérique, qui est dans de nombreux cas le mode de propagation des signaux brouilleurs. L'amplitude du signal de l'onde ionosphérique subit de grandes variations journalières, dues aux variations de l'absorption ionosphérique. Ce mode de propagation est caractérisé par les régions dans lesquelles l'onde ionosphérique n'atteint pas le sol (c'est-à-dire, elle est omise) et la distance jusqu'à chaque interception avec le sol correspond à la distance de saut.

La propagation de l'onde ionosphérique à ces fréquences est traitée dans la Recommandation UIT-R P.1147 et des courbes de propagation de l'onde de sol sont données dans la Recommandation UIT-R P.368.

Ondes hectométriques (300 kHz $< f < 3$ MHz)

Dans cette bande de fréquences, on a aussi les modes de propagation par l'onde de sol et par l'onde ionosphérique. C'est la raison pour laquelle de nombreux textes traitent à la fois de la bande kilométrique et de la bande hectométrique.

La propagation de l'onde de sol pour les fréquences comprises entre 10 kHz et 30 MHz fait l'objet de la Recommandation UIT-R P.368; un programme d'ordinateur, GRWAVE, est disponible sur le site web de l'UIT-R. Lorsqu'on fait une évaluation de l'onde de sol, il faut connaître les propriétés électriques du sol, notamment sa conductivité. Des cartes de ce paramètre figurent dans la Recommandation UIT-R P.832. Toutefois, ces cartes sont destinées essentiellement à être utilisées dans la bande des ondes myriamétriques et n'existent pas encore sous forme numérique pour les applications informatiques.

La propagation de l'onde ionosphérique aux fréquences comprises entre 150 kHz et 1,7 MHz est traitée dans le Manuel de l'UIT-R sur l'ionosphère et ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques sur les trajets de Terre et de Terre-espace et la Recommandation UIT-R P.1147 décrit une méthode de prévision. Dans la bande de radiodiffusion à ondes hectométriques, il suffit souvent d'admettre par hypothèse que la propagation de l'onde ionosphérique a lieu seulement pendant les heures de nuit. Au-dessus de 1,6 MHz, on peut commencer à appliquer les méthodes de prévision de la propagation des ondes décamétriques, décrites ci-après. Au-dessus de 1,6 MHz également, l'onde ionosphérique prend de plus en plus d'importance pour les systèmes de communication mobiles.

Ondes décamétriques ($3 < f < 30$ MHz)

Dans cette gamme de fréquences, les signaux se propagent généralement en passant par l'ionosphère, ce qui explique leur très grande variabilité. De par sa nature, la propagation ionosphérique suppose que les circuits de grande longueur qui la caractérisent seront le siège des phénomènes suivants: distorsion due à la propagation par trajets multiples, interférences entre signaux et fonctionnement intermittent. Avec ces grandes distances de propagation et compte tenu de l'encombrement du spectre, on a besoin ici de modèles de prévision relativement complexes pour cette propagation.

Des cartes numériques des caractéristiques de l'ionosphère (Recommandations UIT-R P.1239 et UIT-R P.1240) sont utilisées dans des modèles informatiques pour les prévisions de la propagation des ondes décamétriques. Le programme d'ordinateur REC 533 est une version informatisée de la Recommandation UIT-R P.533, qui permet de faire la prévision des paramètres suivants pour un trajet

quelconque, une saison quelconque et pour toute valeur du nombre de taches solaires: MUF de référence et MUF d'exploitation, valeur du champ, puissance reçue, rapport signal/bruit et fiabilité.

Ondes métriques et décimétriques (30 MHz <math>< f < 3\text{ GHz}</math>)

Dans ces bandes, il n'y a pas de propagation par l'ionosphère régulière, sauf très près de la limite inférieure de la bande. Les influences météorologiques se limitent à la superréfraction et à la propagation guidée qui peut être provoquée par des inversions du gradient normal de l'indice de réfraction de l'air. D'autres écarts importants par rapport à la propagation en espace libre sont la diffusion troposphérique et la diffraction sur les obstacles, y compris la courbure de la surface terrestre, ainsi que la diffraction sur le terrain et les bâtiments.

Selon le contexte de la propagation, on peut utiliser les moyens suivants pour faire l'estimation des affaiblissements de propagation:

- Affaiblissement en espace libre. Dans certains cas, on peut se contenter de l'hypothèse que le signal utile subit seulement l'affaiblissement dû à la propagation en espace libre (Recommandation UIT-R P.525).
- Diffraction autour d'une Terre régulière. Pour les prévisions relatives au signal utile sur des distances supérieures à la distance de visibilité directe, on peut être amené à tenir compte de la courbure de la surface terrestre. Ce cas est traité par le programme d'ordinateur GRWAVE et la question de la propagation par diffraction est également traitée dans la Recommandation UIT-R P.526 (Voir aussi le Manuel de l'UIT-R – Manuel des courbes de propagation des ondes radioélectriques à la surface de la Terre).
- Propagation au-dessus de régions particulières du monde ou au-dessus de sols présentant des irrégularités particulières. La Recommandation UIT-R P.1546 est la Recommandation à utiliser pour la prévision point-zone du champ pour les services de radiodiffusion, mobile terrestre, mobile maritime et certains services fixes (ceux utilisant des systèmes point-multipoint (P-MP) dans la gamme des fréquences comprises entre 30 MHz et 3 000 MHz. Elle est destinée à être utilisée pour des circuits radioélectriques sur des trajets terrestres, des trajets maritimes et/ou des trajets mixtes terrestres-maritimes d'une longueur comprise entre 1 et 1 000 km, pour des hauteurs équivalentes d'antenne d'émission de moins de 3 000 m. Elle présente des résultats compatibles avec le modèle de Okumura-Hata pour les services mobiles dans un environnement urbain. Il y a dans ce modèle d'autres variables que la distance et la hauteur d'antenne équivalente. Ce modèle comporte des facteurs de correction pour prévoir l'affaiblissement dans des zones suburbaines et des zones dégagées. Il est utilisé comme référence dans le Rapport UIT-R SM.2028-1 mais il n'est pas spécifique à une polarisation particulière et il n'est pas complet pour les trajets de moins d'un kilomètre. Etant donné qu'il ne convient pas pour des trajets courts, des ajustements doivent être faits pour tenir compte de phénomènes comme la propagation dans les canyons urbains, la pénétration dans les bâtiments, les tronçons de trajet à l'intérieur de bâtiments ou les effets liés au corps humain.
- Propagation au-dessus d'un profil de terrain particulier. La Recommandation UIT-R P.1812 est la Recommandation à utiliser pour les prévisions effectuées pour des systèmes de radiocommunication utilisant des circuits de Terre d'une longueur comprise entre 0,25 km et environ 3 000 km, les deux terminaux étant situés à une hauteur d'environ 3 km au-dessus du sol. Il est préconisé d'utiliser cette Recommandation pour des connexions point-zone dans les bandes des ondes métriques et décimétriques. Cette Recommandation peut aussi être utilisée pour prévoir la zone de service et la disponibilité pour un certain niveau de signal utile (couverture) ainsi que les restrictions de la zone de service et de la disponibilité imputables à la présence de signaux brouilleurs dans le même canal ou dans un canal adjacent (brouillage). Les prévisions point-zone effectuées à l'aide de cette méthode consistent en des séries de nombreuses prévisions P-MP (point émetteur-point à multipoint récepteur) réparties uniformément sur des zones de service théoriques. Le nombre de points devrait être suffisamment important pour garantir que les valeurs prévues des affaiblissements de transmission de référence ou des champs ainsi obtenues sont des estimations raisonnables des valeurs médianes, rapportées aux emplacements, des quantités correspondantes pour les zones élémentaires qu'elles représentent. Si nécessaire, on peut faire un calcul détaillé pour une propagation au-dessus d'un profil de terrain déterminé en utilisant une base de données topographiques. Par conséquent, il est pris comme hypothèse que les utilisateurs de la présente Recommandation sont à même d'établir des

profils de terrain détaillés (c'est-à-dire les hauteurs au-dessus du niveau moyen de la mer) en fonction de la distance mesurée le long de trajets sur le grand cercle (c'est-à-dire des courbes géodésiques) entre les terminaux, pour de nombreux emplacements différents de terminaux (points récepteurs). En ce qui concerne la plupart des applications de la présente méthode à des prévisions de couverture et de brouillage point à zone, cette hypothèse signifie que l'on dispose d'une base de données numérique sur des hauteurs de terrain, référencés en latitude et en longitude par rapport à un référentiel géodésique cohérent, de laquelle il est possible d'extraire des profils de terrain au moyen d'outils automatisés. Le modèle de Longley-Rice (ITS) est décrit dans la Recommandation UIT-R P.1812. Ce modèle, qui convient pour les fréquences comprises 20 MHz et 20 GHz, est fondé sur la théorie électromagnétique et sur les analyses statistiques des caractéristiques du terrain et des mesures radioélectriques et prévoit la valeur médiane de l'affaiblissement d'un signal radioélectrique en fonction de la distance et des variations du signal dans le temps et l'espace.

Il peut être nécessaire également de rendre compte d'autres mécanismes de propagation susceptibles de causer des brouillages. Ces mécanismes sont les suivants:

- *Propagation ionosphérique* – Pendant certaines saisons et certaines heures du jour, les modes de propagation ionosphérique, par exemple celui qui passe par la couche E sporadique, peuvent permettre une propagation à grande distance sur les fréquences inférieures ou égales à 70 MHz environ (voir la Recommandation UIT-R P.534).
- *Superréfraction et propagation guidée* – Ces phénomènes sont traités dans les Recommandations UIT-R P.834 et UIT-R P.452.

Ondes centimétriques et fréquences plus élevées ($f > 3$ GHz)

Les mécanismes de propagation décrits ci-dessus (à l'exception de l'onde ionosphérique) interviennent aussi aux fréquences plus élevées. Il faut cependant tenir compte de l'affaiblissement, de la diffusion et de la polarisation croisée dus aux précipitations et aux autres particules atmosphériques. Au-dessus de 15 GHz environ, il faut prendre en compte l'affaiblissement imputable aux gaz de l'atmosphère.

Un certain nombre de problèmes peuvent se poser lorsqu'un trajet de propagation rencontre la pluie ou d'autres types de précipitation. Aux fréquences supérieures à environ 10 GHz, l'affaiblissement par les gouttes de pluie peut abaisser considérablement la qualité du signal. Les méthodes servant à estimer la distribution de probabilité de l'affaiblissement considèrent généralement la valeur de l'intensité de pluie $R_{0,01}$ (mm/h) qui est dépassée pendant 0,01% du temps. Cette valeur doit être fournie par des observations de longue durée des hauteurs de pluie, effectuées avec des pluviomètres ayant une résolution temporelle de l'ordre d'une minute. Si ces données à long terme n'existent pas pour la région considérée, on pourra faire l'estimation de la valeur recherchée en se servant des cartes qui figurent dans la Recommandation UIT-R P.837. Il est alors possible de calculer l'affaiblissement linéique, pour la fréquence et la polarisation considérées, en appliquant la Recommandation UIT-R P.838. Dans la Recommandation UIT-R P.530, on trouvera la description d'une méthode qui permet d'estimer l'affaiblissement pour d'autres pourcentages de temps sur un trajet en visibilité directe.

Par temps clair, la propagation dans un système de Terre peut subir des évanouissements sous l'effet des phénomènes suivants: diffraction, trajets multiples dans l'atmosphère et en surface et effets de réfraction (étalement du faisceau, défocalisation des antennes), affaiblissement dû aux gaz de l'atmosphère et, dans certaines régions, tempêtes de sable et de poussière. La Recommandation UIT-R P.530 donne des estimations de l'amplitude de la plupart de ces effets. Des données relatives à la réfractivité figurent dans la Recommandation UIT-R P.453. En l'absence d'informations locales, la Recommandation UIT-R P.836 donne quelques indications sur les teneurs moyennes de l'atmosphère en vapeur d'eau et leurs variations saisonnières près de la surface terrestre; ces résultats intéressent très probablement les systèmes qui fonctionnent au-dessus de 20 GHz.

Propagation Terre vers espace

Sur les trajets Terre-espace, les effets de propagation les plus gênants sont l'affaiblissement du signal, l'évanouissement par scintillation et la dépolarisation du signal; l'importance de chacun de ces effets dépend de la géométrie du trajet, du climat et des caractéristiques du système de communication. On trouve des renseignements supplémentaires dans la Recommandation UIT-R P.679 (radiodiffusion par satellite), la Recommandation UIT-R P.680 (service mobile maritime par satellite), la Recommandation UIT-R P.681 (service mobile terrestre par satellite) et la Recommandation UIT-R P.682 (service mobile aéronautique par satellite).

S'agissant des signaux brouilleurs, il faut prêter attention à la polarisation croisée due aux hydrométéores (Recommandation UIT-R P.618), à la rotation de polarisation dans l'ionosphère et aux effets de la scintillation ionosphérique (Recommandation UIT-R P.531). A mesure que l'angle d'élévation du trajet diminue, les affaiblissements sur le trajet dépassent la valeur en espace libre et, bien entendu, la possibilité de blocage par les obstacles augmente.

La Recommandation UIT-R P.618 constitue la source d'information fondamentale concernant les données de propagation et les avis techniques, s'agissant de l'influence de la troposphère sur le signal utile pour la conception des liaisons Terre-espace. On y trouve la description de méthodes qui permettent d'estimer l'affaiblissement du signal sous l'effet de l'absorption par les gaz et de l'atténuation due à la pluie. Cette Recommandation décrit aussi des techniques pour appliquer la similitude en fréquence et en polarisation aux statistiques d'affaiblissement. De leur côté, les Recommandations UIT-R P.581 et UIT-R P.841 spécifient des statistiques estimatives pour le mois le plus défavorable. Tout affaiblissement le long du trajet s'accompagne d'une élévation de la température de bruit du ciel qui peut aussi dégrader le facteur de qualité du récepteur d'une station terrienne; cette dégradation peut être estimée grâce à une formule donnée dans la Recommandation UIT-R P.618. La réception en diversité d'emplacement peut réduire notablement l'affaiblissement correspondant à un pourcentage de temps annuel donné sur les trajets qui subissent de grands affaiblissements; ce mode de réception peut aussi réduire les effets de la scintillation et de la dépolarisation. La Recommandation UIT-R P.618 donne des méthodes de calcul qui permettent de faire une estimation de la performance obtenue avec la réception en diversité.

La scintillation d'un signal est la fluctuation rapide de l'amplitude du signal provoquée par les variations de l'indice de réfraction troposphérique. La Recommandation UIT-R P.618 décrit une méthode de prévision permettant d'estimer la profondeur des évanouissements par scintillation pour des pourcentages de temps compris entre 0,01 et 50% d'une année.

Les diffuseurs asymétriques (gouttes de pluie, cristaux de glace) présents sur un trajet de propagation provoquent une dépolarisation du signal dans les systèmes de communication à double polarisation fonctionnant avec réutilisation des fréquences. La Recommandation UIT-R P.618 donne une méthode pour estimer la discrimination de polarisation croisée (XPD) pour les fréquences allant de 8 à 35 GHz (avec similitude en fréquence à 4/6 GHz) et pour les angles d'élévation des trajets égaux ou inférieurs à 60°. On donne également une correction empirique pour la dépolarisation due au givre, en tant qu'élément de la valeur estimative de la discrimination XPD due à la pluie.

5.3.2 Données topographiques

Dans de nombreux cas, la présence de certaines caractéristiques du terrain peut être la cause de grandes différences entre les niveaux respectifs des signaux radioélectriques utile et brouilleur. Il faut connaître ces caractéristiques pour pouvoir appliquer certaines des méthodes qui permettent d'estimer l'affaiblissement de propagation. Il est utile de considérer les catégories de «terrain» suivantes: mer, autres étendues d'eau, déserts, forêts épaisses, forêts, zones rurales, suburbaines et urbaines. On trouvera des informations supplémentaires dans la Recommandation UIT-R P.1058 – Base de données topographiques numériques pour les études de propagation.

La méthode traditionnelle pour établir des profils de trajet à partir de cartes topographiques est la méthode manuelle. C'est une opération fastidieuse, longue et coûteuse. Des instituts cartographiques ont consacré des travaux de grande ampleur à l'élaboration de cartes numériques pour certaines zones géographiques. A partir de ces cartes, il est possible de déterminer des caractéristiques importantes pour la prévision de la propagation radioélectrique. La hauteur du terrain, la végétation en surface, la hauteur et la densité des bâtiments, la largeur

des rues, la géologie sont des caractéristiques que l'on peut utiliser mais qui peuvent s'avérer coûteuses. Les informations relatives au terrain qui ont été décrites plus haut peuvent être collectées à partir de photographies aériennes ou de prises de vues par satellite, notamment en utilisant un radar à ouverture synthétique multifréquence.

La méthode la plus fréquemment utilisée avec les bases de données topographiques fournit des valeurs de la hauteur du terrain à des intervalles uniformes sur une grille. La résolution des données dépend de la capacité de mémoire numérique et de la précision avec laquelle l'analyse est faite. La valeur requise de cette résolution dépend de la bande de fréquences considérée. Elle peut varier de moins de 1 m pour les ondes décimétriques/centrimétriques à plus de 1 km pour les ondes décimétriques. La précision des données relatives à la hauteur des obstacles est comprise entre 1 m et 1 000 m, la valeur exacte dépendant ici aussi de la bande de fréquences. En se servant des données de terrain mises en mémoire, on peut tracer un profil du terrain (altitudes) entre deux points géographiques quelconques mémorisés dans la base de données. Ces profils sont utiles quand il s'agit de déterminer les points de visibilité directe ou les effets d'écran du terrain environnant. Les caractéristiques du terrain sont importantes, mais il ne faut pas négliger l'effet de la hauteur des bâtiments, surtout dans les zones urbaines et suburbaines. Des techniques informatiques pour le calcul de l'affaiblissement de propagation permettent d'accéder automatiquement à une base de données topographiques [Chan, 1991 et Palmer, 1981]. Récemment, on a mis au point un ensemble de données topographiques connu sous le nom de GLOBE, obtenu à partir d'une compilation de données cartographiques et autres. La version de cette série de données sert actuellement de base à un produit de l'UIT appelé IDWM. La résolution de cet ensemble de données est d'environ 30 arcsec (à environ 1 km de l'équateur). Par ailleurs, en 2000, la NASA a envoyé une mission capable de produire des données topographiques présentant une résolution supérieure (3 arcsec) ainsi que des données relatives au terrain et des données groupées. Cet ensemble de données est connu sous le nom de GLOBE 2 et constitue un ensemble de données plus uniforme.

5.3.3 Choix du modèle de propagation

Pour analyser les problèmes de gestion du spectre, on se sert souvent de modèles techniques relatifs au spectre et de bases de données appropriées. Un modèle technique relatif à un phénomène physique présente plusieurs avantages: rapidité d'utilisation et facilité de modification. La précision d'un modèle censé simuler un phénomène dépend de sa conception et de son utilisation. Si un problème particulier présente des caractéristiques inhabituelles, l'analyse exigera de l'ingéniosité, de la souplesse d'exécution et de l'intuition. Cela étant, les données et les modèles décrits ici sont destinés à fournir une information de base qui pourra être utilisée de façon systématique ou adaptée selon les cas.

Le modèle de propagation approprié permet de calculer l'affaiblissement de propagation, d'où l'on déduit le niveau du signal utile ou le niveau du brouillage.

5.3.4 Antennes et diagrammes de rayonnement de référence

Comme indiqué dans le Rapport UIT-R F.2059, la performance de rayonnement d'une antenne est un facteur prépondérant pour déterminer dans quelle mesure il est possible de réutiliser les fréquences ou d'utiliser le spectre efficacement. Cette conclusion est le résultat d'études statistiques utilisant plusieurs modèles d'antennes disponibles sur le marché pour les systèmes fixes hertziens point à point. Cette conclusion pourrait s'appliquer à la plupart des services de radiocommunication.

Les diagrammes de rayonnement de référence définis dans les Recommandations UIT-R sont utilisés si l'on ne dispose pas d'informations spécifiques sur les antennes effectivement utilisées dans une étude de planification. Il existe des modèles mathématiques qui indiquent le gain d'une antenne hypothétique dans chaque direction de l'espace. Habituellement, ces modèles sont déduits de modèles théoriques ou de diagrammes de rayonnement empiriques mesurés pour des antennes disponibles sur le marché.

5.3.4.1 Un bref exemple: les systèmes hertziens du service fixe

Les systèmes hertziens point à point du service fixe utilisent essentiellement des antennes paraboliques. Les principales caractéristiques de ces antennes sont une forte directivité et une polarisation rectiligne.

Pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages mutuels entre systèmes hertziens fixes et entre les stations de tels systèmes et les stations terriennes des services de radiocommunication spatiale utilisant en

partage la même bande de fréquences, il peut être nécessaire d'utiliser les diagrammes de rayonnement de référence des antennes des systèmes hertziens fixes. C'est le cas lorsqu'on ne dispose pas d'informations sur le diagramme de rayonnement des antennes effectivement utilisées dans l'étude.

La Recommandation UIT-R F.699 donne les diagrammes de rayonnement pour les fréquences comprises entre 100 MHz et 70 GHz; le gain par rapport à une antenne isotrope, pour un angle hors axe donné, est fonction du diamètre de l'antenne (D) et de la longueur d'onde d'exploitation (λ). Le gain de l'antenne dans le lobe principal et l'ouverture de faisceau sont modélisés en fonction de D/λ .

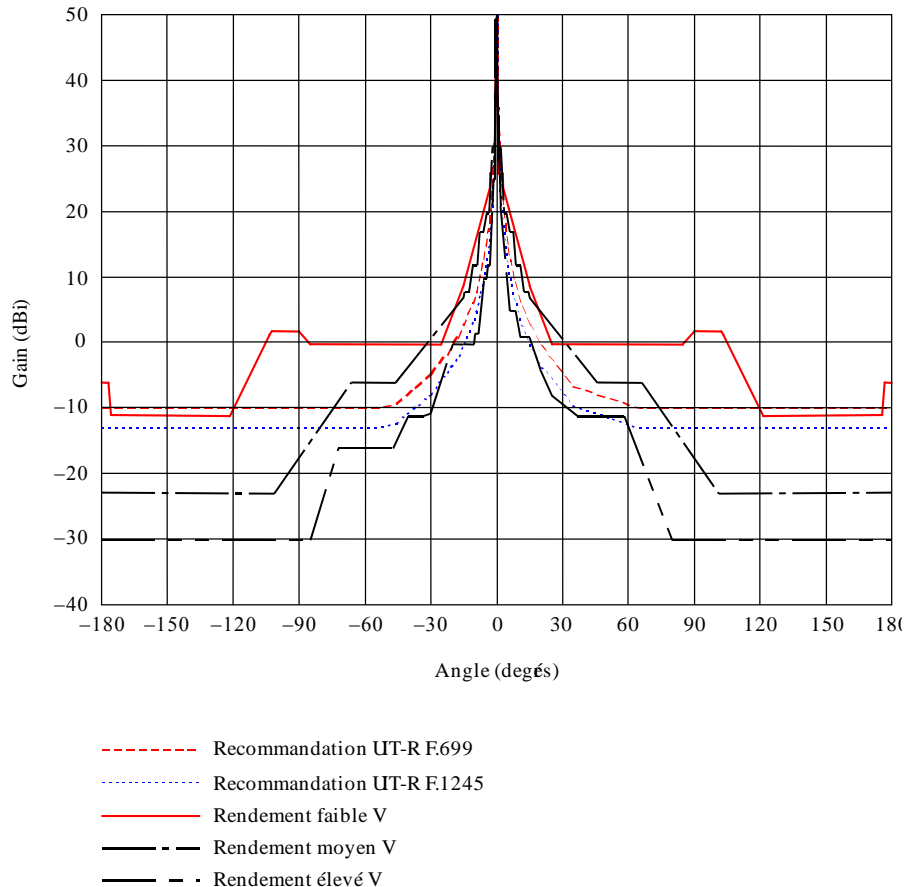
La Recommandation UIT-R F.699 donne l'enveloppe de crête des diagrammes des lobes latéraux; toutefois, si on utilise ces diagrammes pour évaluer les brouillages cumulatifs provenant de plusieurs sources de brouillage, on obtiendra des valeurs supérieures aux valeurs que l'on observerait dans la pratique. Dans la Recommandation UIT-R F.1245, on présente un modèle mathématique pour un diagramme de rayonnement moyen qu'il faut utiliser dans les cas suivants:

- pour prévoir le brouillage cumulatif causé à un satellite géostationnaire ou non géostationnaire par plusieurs stations hertziennes;
- pour prévoir le brouillage cumulatif causé à une station hertzienne par de nombreux satellites géostationnaires;
- pour prévoir le brouillage causé à une station hertzienne par un ou plusieurs satellites non géostationnaires, pour un angle variant en permanence, il conviendrait d'établir une moyenne.

Une comparaison entre certaines enveloppes concrètes de diagrammes de rayonnement d'antenne et les diagrammes de référence correspondants repris des Recommandations UIT-R F.699 et UIT-R F.1245 est illustré à la Figure 5.2.

FIGURE 5.2

**10,7 GHz, antenne point à point (P-P) de 3 m de diamètre ($D/\lambda = 114$; gain = 49,8 dBi)
(H: polarisation horizontale, V: polarisation verticale)**



5.3.4.2 Recommandations UIT-R définissant des diagrammes de rayonnement de référence et d'autres paramètres d'antenne

Le Tableau 5-3 récapitule la série de Recommandations de l'UIT-R qui définissent les diagrammes de rayonnement de référence à prendre en compte dans les études de partage et de coordination ainsi que dans l'évaluation des brouillages causés par un ou plusieurs systèmes brouilleurs.

Certaines des Recommandations UIT-R énumérées fixent des objectifs théoriques (par exemple la Recommandation UIT-R S.580 indique les diagrammes de rayonnement que doivent respecter les antennes de stations terriennes fonctionnant avec un satellite géostationnaire). La Recommandation UIT-R S.1717 décrit en détail un format électronique dans lequel les administrations peuvent fournir les données relatives au gain d'antennes de stations terriennes spécifiques du SFS. Ces informations peuvent être nécessaires pour certaines des études lorsque les diagrammes de rayonnement de référence n'apportent pas suffisamment de précision ou lorsqu'un diagramme de rayonnement de référence doit être amélioré/élaboré.

5.3.4.3 Pratiques suggérées pour les administrations

Il est recommandé aux administrations de conserver des dossiers des diagrammes de rayonnement mesurés d'antennes effectivement utilisées pour pouvoir utiliser des diagrammes de rayonnement de référence nouveaux et améliorés qui seront élaborés ou proposés dans les études de coordination et les évaluations de brouillage.

En outre, il est essentiel de mettre tout en oeuvre pour utiliser le diagramme de rayonnement d'antenne effectif pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages. Par conséquent, ces diagrammes de rayonnement archivés devraient être utilisés pour réaliser les études si cela est possible et lorsque des informations plus détaillées sont nécessaires.

T ABLEAU 5-3

Résumé des Recommandations UIT-R relatives aux diagrammes de rayonnement de référence et/ou aux caractéristiques des antennes à prendre en considération dans les études de coordination de partage et de planification et/ou dans l'évaluation des brouillages

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
BO.652	Diagramme de référence des antennes de stations terriennes et de satellites pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz et les liaisons de connexion associées dans les bandes des 14 et 17 GHz	Radiodiffusion par satellite	12 GHz 14 et 17 GHz	Antenne de station terrienne (réception) antenne de satellite (émission)	Diagrammes de référence copolaire et contrapolaire pour des antennes de station terrienne de réception et des antennes de satellite d'émission.
BO.1213	Diagramme de référence pour antenne de station terrienne de réception pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande 11,7-12,75 GHz	Radiodiffusion par satellite	11,7- 12,75 GHz	Antenne de station terrienne	Diagrammes d'antenne de station terrienne de référence copolaire et contrapolaire pour le SRS.

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
BO.1296	Diagrammes de référence d'antenne de réception de station spatiale à utiliser pour la planification dans le cas de faisceaux elliptiques lors de la révision des Plans de l'Appendice 30A (Orb-88) du Règlement des radiocommunications à 14 et 17 GHz pour les Régions 1 et 3	Radiodiffusion par satellite	14 GHz 17 GHz	Antenne de station spatiale	Diagrammes d'antenne de référence copolaire et contrapolaire à polarisation circulaire dans le cas de faisceaux elliptiques à des fins de planification.
BO.1443	Diagrammes de référence des antennes de stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non géostationnaires dans les bandes de fréquences visées à l'Appendice 30 du RR	Radiodiffusion par satellite		Antenne de station terrienne	Diagrammes d'antennes de stations terriennes de référence tridimensionnels pour le SRS pouvant être utilisés pour le calcul des brouillages causés par des satellites du SFS non OSG à des antennes de stations terriennes du SRS.
BO.1445	Diagrammes améliorés pour les antennes d'émission de satellite avec décroissance rapide utilisés dans le plan de l'Appendice S30 du RR pour le SRS dans les Régions 1 et 3	Radiodiffusion par satellite		Antenne de satellite	Diagrammes améliorés d'antennes de satellite copolaire et contrapolaire avec décroissance rapide du faisceau principal, dans le cas de faisceaux elliptiques lorsque ce type d'antenne est nécessaire pour les études demandées dans la Résolution 532 (CMR-97).
BO.1900	Diagramme de rayonnement de référence d'antenne de station terrienne de réception du service de radiodiffusion par satellite dans la bande 21,4-22 GHz dans les Régions 1 et 3	Radiodiffusion par satellite	21,4-22 GHz	Antenne de station terrienne	Diagrammes d'antennes de stations terriennes de réception copolaire et contrapolaire pour le SRS à utiliser pour les études de partage.
BS.80	Antennes d'émission en radiodiffusion (B.dam)	Radiodiffusion	Ondes décamétriques	Antenne non directive	Orientations pour le choix d'une antenne d'émission en ondes décamétriques et de diagrammes d'antenne en ondes décamétriques appropriés pour la conception et la planification des systèmes.

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
BS.599	Directivité des antennes de réception de radiodiffusion sonore dans la bande 8 (ondes métriques)	Radiodiffusion	Ondes métriques		Caractéristiques de directivité des antennes de réception pour la planification de la radiodiffusion sonore en ondes métriques.
BS.705	Caractéristiques et diagrammes de rayonnement des antennes d'émission et de réception en ondes décamétriques	Radiodiffusion	Ondes décamétriques	Antennes réseaux logpériodiques, antennes en losange, antennes unipolaires, antennes rideaux, antennes doublets, antennes quadrants, antennes à doublets croisés	Formule à utiliser pour évaluer la performance des antennes d'émission et de réception en ondes décamétriques pour les besoins de la planification.
BS.1195	Caractéristiques des antennes d'émission en ondes métriques et décimétriques	Radiodiffusion	Ondes métriques et décimétriques	Systèmes d'antennes-réseaux	Calcul des diagrammes d'antenne d'émission, aspects pratiques et logiciel de calcul.
BS.1386	Caractéristiques et diagrammes de rayonnement des antennes d'émission en ondes kilométriques ou hectométriques	Radiodiffusion	Ondes kilométriques et hectométriques	Systèmes d'antenne unipolaires, antennes-réseaux et autres	Caractéristiques des antennes d'émission et diagrammes utilisés évaluer la performance des antennes d'émission en ondes kilométriques et hectométriques, en particulier pour les besoins de la planification. Aspects pratiques.
BT.419	Directivité et discrimination des polarisations des antennes de réception en radiodiffusion télévisuelle	Radiodiffusion	Bandes TV I, III, IV, V (Rec. UIT-R BT.417)		Caractéristiques de directivité des antennes de réception utilisées pour la planification du service de télévision de Terre; avantages résultant de l'emploi de polarisations orthogonales; Polarisation de l'émission en radiodiffusion télévisuelle.
BT.1195	Caractéristiques des antennes d'émission en ondes métriques et décimétriques	Radiodiffusion	Ondes métriques et décimétriques	Systèmes d'antennes-réseaux	Calcul de diagrammes d'antenne d'émission, aspects pratiques et logiciel de calcul.

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
F.162	Emploi d'antennes à effet directif dans le service fixe fonctionnant dans les bandes de fréquences inférieures à 30 MHz environ	Fixe	4-28 MHz	Directive	Performance: directivité, gain, secteur de service, facteur de directivité de l'antenne.
F.699	Diagrammes de rayonnement de référence pour antennes de systèmes hertziens fixes à utiliser pour les études de coordination et l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 100 MHz et environ 70 GHz	Point à point, fixe	100 MHz-70 GHz	Directive	Diagrammes de rayonnement de référence (enveloppe crête des lobes latéraux) pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages.
F.1245	Modèle mathématique de diagrammes de rayonnement moyens et de diagrammes de rayonnement connexes pour antennes de systèmes hertziens fixes en visibilité directe point à point, à utiliser dans certaines études de coordination et pour l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 1 GHz et environ 70 GHz	Point à point, fixe	1-70 GHz	Directive	Diagrammes de rayonnement de référence (moyenne) pour certaines études de coordination ou l'évaluation des brouillages provenant de sources multiples ou variant en fonction du temps.
F.1336	Diagrammes de rayonnement de référence des antennes équidirectives, sectorielles et autres antennes pour les services fixe et mobile, à utiliser pour les études de partage dans la gamme de fréquences comprise entre 400 MHz et environ 70 GHz	Point-multipoint, fixe, terrestre mobile	400 MHz-70 GHz	Equidirective et sectorielle	Diagrammes de rayonnement de référence (valeur crête et valeur moyenne) pour les études de partage.
			1-3 GHz	Directive à faible gain	

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
M.694	Diagramme de rayonnement de référence pour les antennes de station terrienne de navire	Mobile par satellite	1 518-1 660,5 MHz	Antenne de station terrienne de navire	Diagramme de rayonnement de référence pour des antennes de station terrienne de navire utilisées pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages entre les stations terriennes du service mobile par satellite et les stations de Terre et spatiales qui utilisent en partage les mêmes bandes de fréquences.
M.1091	Diagrammes de rayonnement hors axe de référence pour antennes de stations terriennes mobiles exploitées dans le cadre du service mobile terrestre par satellite dans la gamme de fréquences 1 à 3 GHz	Mobile terrestre par satellite	1-3 GHz	Antennes de stations terriennes transportables ou installées à bord d'un véhicule	Diagramme de rayonnement de référence utilisé pour l'évaluation statistique des brouillages et pour la coordination entre les stations terriennes mobile terrestres et les stations spatiales de différents systèmes à satellites utilisant en partage les mêmes bandes de fréquences.
M.1851	Modèles mathématiques pour les diagrammes d'antenne des systèmes radar du service de radiorepérage à utiliser dans les analyses de brouillage	Systèmes radar du service de radiorepérage	420-33 400 MHz	Antenne équidirective Yagi, réflecteur parabolique, antenne-réseau à commande de phase	Diagrammes d'antenne de systèmes radar du service de radiorepérage (valeur crête et valeur moyenne) à utiliser pour l'analyse des brouillages cumulatifs et des brouillages dus à une source unique.
RA.1631	Diagramme de rayonnement de référence d'antenne de station de radioastronomie à utiliser pour des analyses de compatibilité entre systèmes non OSG et stations du service de radioastronomie effectuées sur la base du concept de puissance epdf	Radioastronomie	150-5 000 MHz 10,6-43,5 GHz		Modèle mathématique du diagramme de rayonnement moyen utilisé pour les analyses de compatibilité entre les systèmes non OSG et les stations du service de radioastronomie.
RS.1813	Diagramme d'antenne de référence pour les détecteurs passifs fonctionnant dans le service d'exploration de la Terre par satellite (passive) à utiliser dans les analyses de compatibilité, pour les fréquences comprises entre 1,4 et 100 GHz	Exploration de la Terre par satellite	1,4-100 GHz		Diagramme d'antenne de référence pour les capteurs passifs du service d'exploration de la Terre par satellite à utiliser pour les études de compatibilité.

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
S.465	Diagramme de rayonnement de référence pour des antennes de station terrienne du service fixe par satellite, à utiliser pour la coordination et l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et 31 GHz	Fixe par satellite	2-31 GHz	Antenne de station terrienne	Diagramme de rayonnement de référence utilisé pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages entre les stations terriennes du SFS et les stations d'autres services utilisant en partage la même bande de fréquences ainsi que pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages entre les systèmes du SFS.
S.580	Diagrammes de rayonnement à utiliser comme objectifs de conception pour les antennes des stations terriennes fonctionnant avec des satellites géostationnaires	Fixe par satellite		Antenne de station terrienne	Objectif de conception pour de nouvelles antennes d'une station terrienne fonctionnant avec un satellite géostationnaire.
S.672	Diagramme de rayonnement à utiliser comme objectif de conception pour les antennes de satellite dans le service fixe par satellite employant des satellites géostationnaires	Fixe par satellite		Faisceaux elliptiques/circulaire à alimentation unique, faisceaux conformés à alimentation multiple	Diagrammes de rayonnement de référence d'antennes de satellite à utiliser comme objectif de conception.
S.731	Diagramme de rayonnement contrapolaire de référence de station terrienne, à utiliser pour la coordination des fréquences et pour l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et environ 30 GHz	Fixe par satellite	2-30 GHz	Antenne de station terrienne	Diagramme de rayonnement de référence à polarisation croisée d'antennes de station terrienne à utiliser pour les études de coordination des fréquences et l'évaluation des brouillages entre les stations terriennes du SFS et les stations d'autres services utilisant en partage la même bande de fréquences ainsi que pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages entre les réseaux du SFS.

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
S.732	Méthode de traitement statistique des crêtes des lobes latéraux d'antenne de station terrienne pour la détermination du dépassement des diagrammes d'antenne de référence et des conditions d'acceptabilité de tout dépassement	Fixe par satellite		Antenne de station terrienne	Méthode pour le traitement statistique des crêtes des lobes latéraux d'une antenne de station terrienne afin de déterminer le pourcentage de crêtes des lobes latéraux qui dépassent les diagrammes d'antenne de référence fournis dans les Recommandations UIT-R pertinentes; conditions dans lesquelles les diagrammes des lobes latéraux d'antenne de station terrienne ayant des crêtes dépassant les enveloppes recommandées continueront d'être considérés comme étant conformes aux Recommandations UIT-R autorisant un certain pourcentage de crêtes des lobes latéraux à dépasser les enveloppes recommandées.
S.1428	Diagrammes de rayonnement de référence de station terrienne du SFS, à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non OSG dans des bandes de fréquences comprises entre 10,7 GHz et 30 GHz	Fixe par satellite	10,7-30 GHz	Antenne de station terrienne	Diagramme de rayonnement d'antenne de référence de station terrienne utilisé pour le calcul des brouillages provenant de sources de brouillage en mouvement et/ou de récepteurs subissant des brouillages du SFS.
S.1528	Diagrammes de rayonnement pour les antennes de satellite non géostationnaire utilisées dans le service fixe par satellite au-dessous de 30 GHz	Fixe par satellite	Au-dessous de 30 GHz	Antennes non OSG à faisceaux multiples (ou faisceaux circulaires ou elliptiques)	Diagrammes de rayonnement utilisés comme objectif de conception ou pour effectuer l'analyse des brouillages.
S.1717	Format des fichiers de données électroniques pour les diagrammes d'antenne de station terrienne	Fixe par satellite		Antenne de station terrienne	Format électronique dans lequel les données relatives à des antennes de stations terriennes du SFS spécifiques peuvent être soumises par les administrations.

TABLEAU 5-3 (suite)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
S.1844	Diagramme de gain de référence de polarisation croisée pour des microstations (VSAT) utilisant une polarisation rectiligne dans la gamme de fréquences comprise entre 2 et 31 GHz	Fixe par satellite	2-31 GHz	Antennes de stations terriennes - Microstations	Diagramme de gain de référence à polarisation croisée utilisé pour le calcul des brouillages provenant de microstations terriennes du SFS et de stations d'autres services utilisant en partage la même bande de fréquences ainsi que pour les études de coordination et l'évaluation des brouillages entre systèmes du SFS.
S.1855	Nouveau diagramme de rayonnement de référence d'antenne pour les stations terriennes exploitées en association avec des satellites géostationnaires à utiliser pour la coordination et/ou l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et 31 GHz	Fixe par satellite	2-31 GHz	Antennes de stations terriennes	Diagramme de rayonnement de référence pour des antennes utilisées avec des satellites OSG pour les études de coordination et/ou l'évaluation des brouillages entre stations terriennes du SFS et les stations d'autres services utilisant en partage la même bande de fréquences ou entre systèmes du SFS.
SA.509	Diagramme de rayonnement de référence d'une antenne de station terrienne dans le service de recherche spatiale et de radioastronomie, à utiliser pour les calculs de brouillage ainsi que dans les procédures de coordination pour les fréquences au-dessous de 30 GHz	Recherche spatiale, radioastronomie	1-30 GHz	Grande ouverture parabolique	Diagrammes de rayonnement d'antenne de référence pour prévoir les brouillages dus à une source unique ou à plusieurs sources.
SA.1345	Méthodes de prévision des diagrammes de rayonnement des grandes antennes utilisées pour la recherche spatiale et la radioastronomie	Recherche spatiale, radioastronomie			Méthodes de modélisation électromagnétique; analyse utilisant des données expérimentales.

TABLEAU 5-3 (fin)

Numéro	Titre	Service	Bande de fréquences	Type de diagramme d'antenne	Observations
SA.1811	Diagrammes d'antenne de référence des stations terriennes à grande ouverture du service de recherche spatiale à utiliser pour les analyses de compatibilité en présence d'un grand nombre de sources de brouillage réparties dans les bandes 31,8-32,3 GHz et 37,0-38,0 GHz	Recherche spatiale	31,8-32,3 GHz 37-38 GHz	Antenne de station terrienne à grande ouverture	Diagramme d'antenne de référence déterministe unique (crête) à utiliser pour les analyses de compatibilité et modèle de gain (moyen) à utiliser pour les analyses de compatibilité statistiques en présence d'un grand nombre de sources de brouillage réparties.

5.4 Analyse de brouillages

L'utilisation efficace du spectre exige une analyse approfondie des caractéristiques de l'environnement et des systèmes, qui sont essentiellement de nature statistique, afin de réduire la zone de brouillage à un minimum. Le brouillage a pour effet d'abaisser la qualité de fonctionnement du système ainsi que l'efficacité d'utilisation du spectre; en conséquence, les paramètres techniques de la conception et de la spécification des systèmes radioélectriques bénéficiaires de licences pour fonctionner dans un service donné et dans une bande de fréquences donnée doivent être déterminés de telle manière qu'il n'y ait pas de brouillages mutuels entre les détenteurs des licences et d'autres utilisateurs.

Les paramètres importants à prendre en compte pour empêcher les brouillages sont les suivants: définition des fréquences centrales, espacement des fréquences porteuses, stabilité en fréquence, types d'émission (numérique ou analogique et modulation employée), niveau de puissance de l'émetteur ou des porteuses et valeur maximale de la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) par canal dans une largeur de bande spécifiée et, enfin, niveau des émissions extérieures à la largeur de bande. On pourra aussi être amené à prendre en considération des caractéristiques d'antenne telles que la hauteur équivalente, la directivité du diagramme de rayonnement pour la polarisation, le rapport avant/arrière minimum et l'angle formé par le lobe principal et d'autres utilisateurs, par exemple des satellites géostationnaires.

La dégradation du signal utile à l'entrée du récepteur est due principalement à quatre types de brouillage: dans le même canal (cocanal), en provenance du canal adjacent, désensibilisation et intermodulation. Les trois premiers types peuvent être décrits par une seule équation générale.

Fondamentalement, le niveau du brouillage dans le récepteur est une fonction des variables suivantes: P_t , puissance de l'émetteur brouilleur; G_t , gain de l'antenne de l'émetteur brouilleur en direction du récepteur (dBi); G_r , gain de l'antenne du récepteur en direction de l'émetteur brouilleur (dBi); $L_b(d)$, affaiblissement de transmission de référence pour une distance de séparation d entre le récepteur et la source de brouillage; et $FDR(\Delta f)$, rejet dépendant de la fréquence, lui-même fonction de Δf ; d'où l'équation:

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) - FDR(\Delta f) \quad (1)$$

Le rejet dépendant de la fréquence est une fonction de Δf , différence entre la fréquence d'accord de l'émetteur brouilleur et la fréquence d'accord du récepteur. Il dépend aussi des caractéristiques du récepteur. Pour de plus amples détails, on se reportera à la Recommandation UIT-R SM.337. On notera que la formule (1) permet de calculer également le niveau du signal utile, à condition que l'affaiblissement de propagation soit calculé sur la base du modèle de propagation approprié.

Dans le cas où il y a plusieurs sources brouilleuses, le brouillage radioélectrique possède une autre caractéristique générale, à savoir que la puissance totale du brouillage est égale à la somme des puissances de brouillage individuelles:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_K \quad (2)$$

Les paragraphes qui suivent donnent une description succincte de ces types de brouillage. D'autres types de brouillage: harmoniques, rayonnements non essentiels, émissions parasites et transmodulation, ont été décrits au § 5.2.2.

5.4.1 Brouillage dans le même canal

Le brouillage cocanal est dû à la présence, dans le même canal, du signal utile et du signal brouilleur, à l'intérieur de la bande passante de l'amplificateur à fréquence intermédiaire (FI). Comme les deux signaux se chevauchent, on a $FDR(\Delta f) = 0$ dans l'équation (1) et il n'est pas possible d'éliminer le signal brouilleur par un filtrage effectué selon un procédé normal. Le niveau du brouillage cocanal dépend des caractéristiques de rejet cocanal du récepteur et des caractéristiques de rayonnement de l'émetteur.

Le calcul de ce brouillage diffère d'un service radioélectrique à un autre. Dans le service mobile terrestre, les stations fonctionnant dans le même canal sont séparées les unes des autres, dans le cas le plus défavorable, par une distance de 120 km. Cette distance varie avec la topographie du terrain et avec la fréquence de fonctionnement. Dans les systèmes radioélectriques de type cellulaire, la distance de séparation «cocanal» est beaucoup plus petite, ce qui donne la possibilité de réutiliser des canaux dans la même ville. Dans le service fixe, la directivité de l'antenne influence beaucoup le calcul des niveaux du brouillage dans le même canal. Cette considération est spécialement importante quand des stations de Terre et des stations terriennes fonctionnent dans la même bande de fréquences.

Il existe un autre cas où des brouillages peuvent apparaître dans le même canal: c'est celui où le partage des fréquences n'est pas coordonné. Dans ce cas, on ne connaît pas toujours le nombre ni l'emplacement des sources de brouillage éventuelles, par exemple lorsque le rayonnement brouilleur provient d'appareils domestiques.

5.4.2 Brouillage dû au canal adjacent

Ce brouillage peut apparaître lorsqu'un signal brouilleur est présent dans le canal adjacent ou sous l'effet des rayonnements non essentiels de l'émetteur. Son niveau dépend des caractéristiques de rejet RF du récepteur.

Fondamentalement, les effets du brouillage par le canal adjacent résultent de l'interaction entre les signaux utiles, le brouillage et les caractéristiques du récepteur pour plusieurs fréquences et plusieurs valeurs de l'espacement. Ces effets peuvent s'exprimer en fonction du paramètre fréquence-distance, FD, du rejet dépendant de la fréquence, FDR ou d'un rapport de protection relatif en radiofréquence. FD est la distance de séparation minimale nécessaire entre un récepteur et un émetteur brouilleur, en fonction de la différence entre leurs fréquences d'accord. FDR est une mesure du rejet d'une émission brouilleuse par la sélectivité du récepteur. Le niveau du brouillage causé par le canal adjacent dépend de la valeur du terme $FDR(\Delta f)$ de l'équation (1). Le rapport de protection est la valeur minimale requise du rapport signal utile/signal brouilleur, généralement exprimé en dB à l'entrée du récepteur, lorsque les porteuses des émetteurs utile et brouilleur ont la même fréquence ou présentent une différence de fréquence Δf . Les rapports de protection sont étudiés en détail au § 5.6.

Lorsqu'on spécifie une valeur maximale, I_M , de la puissance brouilleuse acceptable pour un récepteur, la qualité de fonctionnement du récepteur est acceptable seulement si:

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) \geq P_t + G_t + G_r - I_M \quad (3)$$

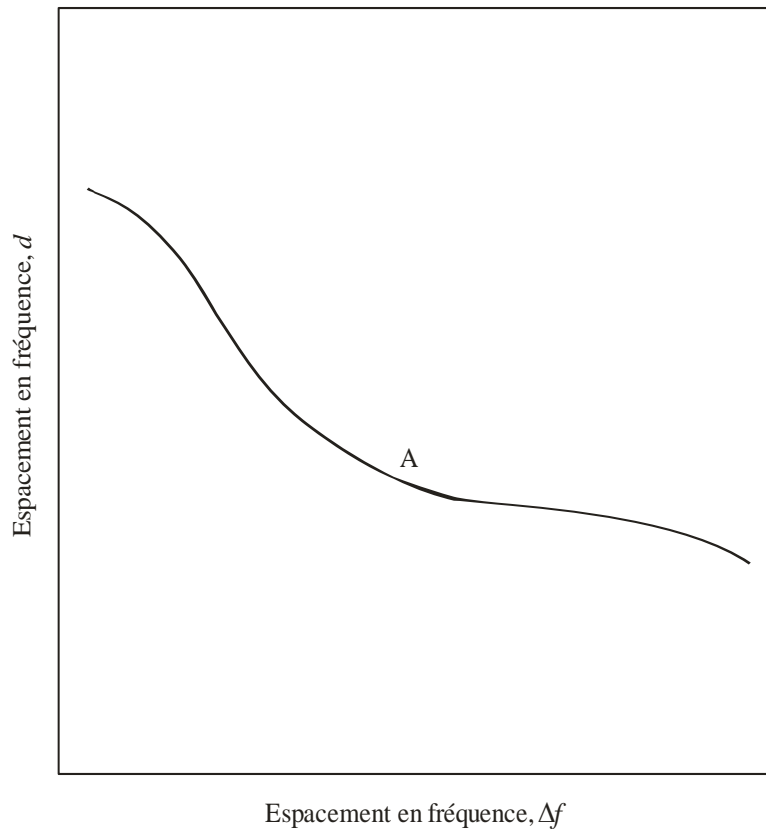
Une courbe des différentes combinaisons des séparations et de la région de qualité de fonctionnement du récepteur acceptable est illustrée ci-dessous. La courbe A représente l'équation:

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) = \xi \quad (4)$$

Au-dessus de la courbe, on a la région de qualité de fonctionnement acceptable; au-dessous, la qualité n'est pas acceptable.

FIGURE 5.3

Séparations fréquence et distance. L'équation représentant la courbe A est: $L_b(d) + FDR(\Delta f) = \xi$.
 Au-dessus de la courbe, on a la région de qualité de fonctionnement du récepteur acceptable;
 au-dessous, la qualité de fonctionnement du récepteur n'est pas acceptable



SpecMan-051bis

Les termes FDR, FD et rapport de protection peuvent être calculés sur un petit ordinateur, par application des méthodes décrites pour le calcul de la puissance dans les bandes et les canaux adjacents. Il est possible aussi de déterminer séparément les composantes du brouillage causé, dans le canal adjacent, par la porteuse et par les bandes latérales.

5.4.3 Désensibilisation

Il peut y avoir désensibilisation quand un émetteur brouilleur fonctionne à proximité immédiate d'un récepteur. Si le signal brouilleur est suffisamment fort, le récepteur peut être amené à la saturation. Le niveau de désensibilisation dépend des caractéristiques de rejet RF, c'est-à-dire du $FDR(\Delta f)$ du récepteur. En général, dans les spécifications des systèmes, il est conseillé aux utilisateurs de choisir pour les récepteurs des caractéristiques qui permettent de rejeter ce brouillage préjudiciable. Parmi les méthodes les plus souvent utilisées pour supprimer le brouillage par désensibilisation, citons l'installation de filtres, le repositionnement des stations et la diminution de la puissance d'émission excessive de la station brouilleuse.

5.4.4 Probabilité de brouillage

Le numéro 1.166 du RR donne la définition suivante du terme *brouillage*: «Effet, sur la réception dans un système de *radiocommunication*, d'une énergie non désirée, se manifestant par une dégradation de la qualité de transmission, une déformation ou une perte de l'information que l'on aurait pu extraire en l'absence de cette énergie non désirée».

Afin d'estimer la gravité du brouillage, on a mis au point des simulations informatiques, des modèles de propagation et des modèles de trafic pour calculer la puissance du brouillage, le rapport porteuse/bruit et le rapport signal utile/signal brouilleur. Vu le caractère variable du matériel radioélectrique, des affaiblissements de transmission et de l'intensité du trafic, seules des estimations probabilistes du brouillage peuvent rendre compte de la réalité.

La probabilité de brouillage dépend d'un certain nombre de facteurs, une équation générale ne peut guère que décrire dans ses grandes lignes la nature statistique du brouillage. La valeur effective de la probabilité de brouillage doit être déterminée catégorie par catégorie.

Reprenons un exemple mentionné dans la section précédente relative à l'intermodulation: les produits d'intermodulation du 3^{ème} ordre peuvent causer des brouillages dans un récepteur quand leurs fréquences tombent dans la bande passante FI du récepteur. La probabilité de brouillage par intermodulation dépend d'un certain nombre de facteurs. Dans le cas de l'intermodulation dans le récepteur, ces facteurs sont les suivants: les caractéristiques de discrimination du récepteur, l'amplification RF du récepteur et la sensibilité de ce dernier pour une valeur donnée du rapport signal/bruit, la dispersion des niveaux de puissance du signal utile et du signal brouilleur à l'entrée du récepteur. Pour l'intermodulation dans l'émetteur, la probabilité de brouillage par intermodulation est une fonction des variables suivantes: l'affaiblissement dans les circuits d'antenne de l'émetteur brouillé, les pertes par conversion d'intermodulation dans l'émetteur, le rapport de protection cocanal, la puissance de l'émetteur brouilleur aux bornes de sortie et l'affaiblissement des produits d'intermodulation sur le trajet qui va de l'émetteur au récepteur. Il est possible de réduire très sensiblement la probabilité de brouillage par intermodulation dès le stade de la conception des systèmes fixes point à point, mais cette opération est plus difficile dans le service mobile terrestre.

En ce qui concerne la probabilité de brouillage au niveau des systèmes, les modes de brouillage à prendre en considération en ce qui concerne, par exemple, les systèmes de communication mobile sont les suivants:

- l'incidence du rayonnement hors bande de l'émetteur sur le canal de réception aux fréquences fondamentales de l'installation réceptrice;
- l'incidence des rayonnements harmoniques de l'émetteur sur le canal de réception;
- l'incidence du rayonnement fondamental de l'émetteur sur le canal de réception non essentiel;
- l'incidence du rayonnement harmonique sur un canal de réception non essentiel;
- le brouillage d'intermodulation du 3^{ème} ordre.

Pour une probabilité de réception acceptable, il faut qu'aucun de ces modes de brouillage ne pose un problème. Il est possible de calculer les fonctions de distribution cumulative des modes de brouillage. Ces fonctions permettent de comparer les effets respectifs des modes de brouillage entre eux, en termes de probabilité totale de réception. Il est possible également d'évaluer la dépense à prévoir pour réduire un mode de brouillage par rapport à un autre afin d'améliorer la qualité de réception d'un signal. Cela permet de savoir s'il convient d'améliorer et d'optimiser les paramètres de compatibilité électromagnétique du récepteur et de l'émetteur en regard du critère de coût global de l'équipement radioélectrique.

Le Rapport UIT-R SM.2028 décrit une méthode de simulation statistique pour l'évaluation de scénarios complexes, fondés sur la technique de «Monte-Carlo». Cette méthode a été conçue à l'origine en vue de réévaluer les limites des rayonnements non désirés dans le cadre des dispositions de l'Appendice 3 du RR. Toutefois, il convient aussi d'utiliser cette méthode pour traiter les thèmes ci-après relatifs à l'ingénierie du spectre:

- étude de partage et de compatibilité entre différents systèmes radioélectriques fonctionnant dans la même bande ou dans des bandes de fréquences adjacentes;
- évaluation des gabarits d'émission et de réception;
- évaluation des limites relatives à des paramètres tels que les niveaux de blocage ou d'intermodulation, en plus des niveaux de rayonnements non désirés.

La méthode de «Monte-Carlo» permet en principe de traiter tous les scénarios de brouillage radioélectrique. La manière dont les paramètres du système sont définis confère à la méthode sa flexibilité. Chaque variable d'entrée (gain d'antenne, puissance émise, trajet de propagation) est modélisée par sa fonction de distribution

statistique. Il est ainsi possible de modéliser des situations même très complexes par des fonctions élémentaires relativement simples. De nombreux systèmes différents peuvent faire l'objet de cette méthode, parmi lesquels:

- les systèmes de radiodiffusion (par voie hertzienne de Terre ou par satellite);
- les systèmes mobiles (de Terre ou par satellite);
- les systèmes point à point;
- les systèmes point à multipoint, etc.

On comprendra mieux le système de la méthode grâce à l'exemple suivant, dans lequel les rayonnements non essentiels sont les seuls signaux brouilleurs. En général, la méthode de «Monte-Carlo» traite aussi d'autres effets que l'on trouve dans le milieu radioélectrique, tel que les émissions hors bande, le blocage du récepteur ou l'intermodulation. Citons quelques exemples d'application de cette méthode:

- étude de compatibilité système PMR numérique (TETRA) et système GSM à 915 MHz;
- étude de partage entre le service fixe et le SFS;
- étude de partage entre les dispositifs à courte distance (Bluetooth) et les réseaux locaux hertziens (RLAN) dans la bande des applications industrielles, scientifiques et médicales (ISM) à 2,4 GHz;
- étude de compatibilité entre les IMT-2000 et les systèmes PCS1900 autour de 1,9 GHz;
- étude de compatibilité pour les systèmes à bande ultra large et les autres systèmes radioélectriques fonctionnant dans ces bandes de fréquences.

La méthode décrite dans le Rapport UIT-R SM.2028 a été appliquée au logiciel SEAMCAT® (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool). Ce logiciel est disponible gratuitement auprès du Bureau européen des communications (ECO) et peut être téléchargé directement à partir du site web de ce bureau: www.cept.org.

Le logiciel SEAMCAT offre toutes les fonctions décrites précédemment dans la présente section grâce à une interface utilisateur graphique conviviale. A titre d'exemple on se reportera aux Figures 5.4 et 5.5.

FIGURE 5.4

Exemple d'interface d'utilisateur graphique SEAMCAT

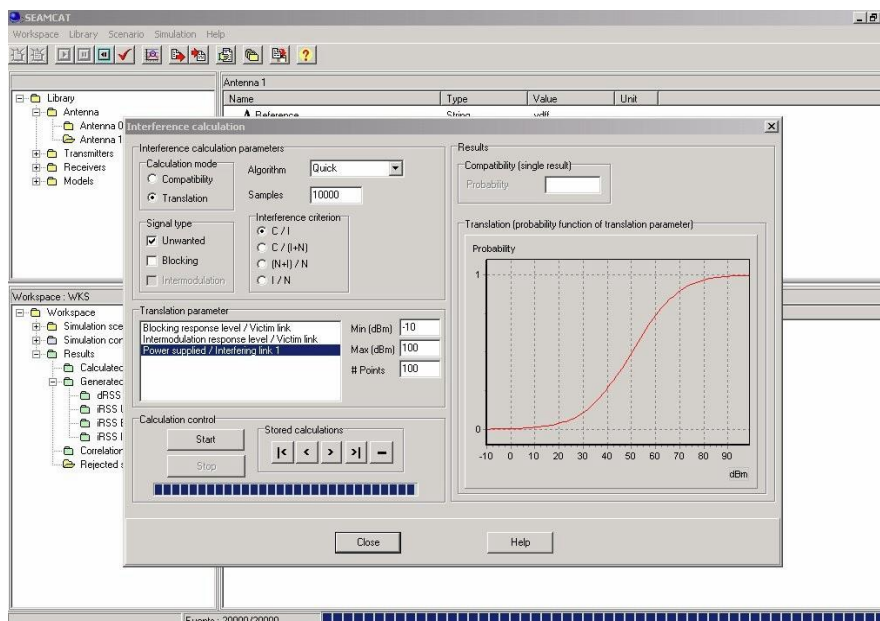
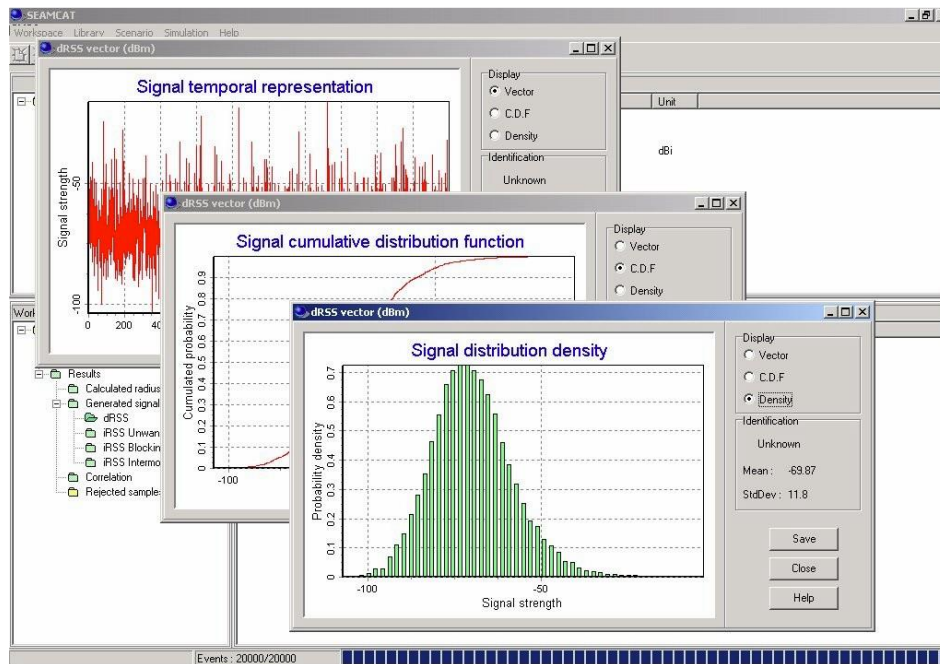


FIGURE 5.5

Autre exemple d'interface d'utilisateur graphique SEAMCAT



Nat.Spec.Man- 5.05

5.5 Bandes de fréquences utilisées en partage

L'augmentation de la demande pour de nouveaux services de radiocommunication ainsi que le développement des services existants confèrent une grande importance à l'élaboration de moyens techniques propres à améliorer l'utilisation du spectre grâce au partage.

Il y a partage entre services lorsque deux services de radiocommunication, ou plus, utilisent la même bande de fréquences. L'Article 1 du RR (numéros 1.166 à 1.176) définit les paramètres devant être pris en compte dans le partage des fréquences. Le partage est un procédé efficace pour améliorer l'utilisation du spectre. Il convient d'étudier la possibilité de partager des fréquences déjà utilisées avant d'assigner une nouvelle fréquence.

Les modalités d'utilisation du spectre radioélectrique dépendent de la fréquence, du temps, de l'emplacement de la modulation/du codage et de la séparation des signaux orthogonaux. Le partage peut être effectué d'une façon simple si deux quelconques de ces paramètres sont communs et si le troisième et/ou le quatrième différent d'une quantité suffisante pour garantir que tous les services concernés (deux ou plus) pourront fonctionner de façon satisfaisante. Le partage est possible également si les quatre paramètres sont tous communs dans les services concernés. Dans ce cas, on effectue le partage en appliquant des conditions techniques qui ne compromettent pas la qualité de fonctionnement requise des services en question.

5.5.1 Base technique pour les attributions de fréquences en partage (partage entre différents services)

Au fil du temps, on a eu de plus en plus recours au partage du spectre, afin de loger de nouveaux services et d'utiliser la ressource spectre plus efficacement. Le Tableau 5-3 énumère quelques-unes des méthodes techniques auxquelles on peut avoir recours pour faciliter le partage. Les méthodes de partage sont groupées dans des colonnes correspondant aux quatre paramètres suivants: fréquence, temps, emplacement et séparation des signaux. Certaines de ces méthodes sont nouvelles ou novatrices et de nature à permettre une utilisation plus efficace du spectre ou à introduire davantage de souplesse. Un grand nombre d'entre elles résultent de la mise en œuvre de technologies nouvelles pour les équipements, de l'informatisation de l'analyse et d'idées nouvelles. Certaines des méthodes en question sont complexes; elles font appel à une gestion du spectre assistée par ordinateur et se déroulant en temps réel. Il est souvent nécessaire, pour mettre en œuvre les méthodes de partage du Tableau 5-3, de spécifier des paramètres techniques particuliers pour les équipements. On trouvera ci-après l'indication de certains paramètres, donnés à titre d'exemples:

- spécification de la distance de séparation géographique entre les installations des services qui interviennent dans le partage;
- spécification des caractéristiques de modulation pour ces services, par exemple: modulation numérique, étalement du spectre;
- limites de la puissance d'émission, limites de la puissance surfacique, angles de pointage des antennes d'émission;
- transmissions de point à point seulement;
- utilisation d'antennes directives et adaptatives;
- contraintes (facteur d'utilisation et type de message) pesant sur les équipements des services qui interviennent dans le partage, par exemple: utilisation intermittente seulement, signaux analogiques seulement, données seulement;
- critères de brouillage spécifiés: critères de taux d'erreur binaire, correction d'erreur requise;
- assouplissement accepté des critères techniques du partage afin de faciliter celui-ci.

TABLEAU 5-4

Méthodes permettant de faciliter le partage

Espace des fréquences	Séparation spatiale	Séparation temporelle	Découplage des signaux ⁽¹⁾
	Accès partage sous licence Base de données relative au spectre Contrôleur d'accès au spectre Base de données de géolocalisation Radiobalises Détection		
Plans de disposition des voies Segmentation des bandes de fréquences Systèmes à agilité de fréquences Sélection dynamique des fréquences Partage dynamique: – assignation dynamique des fréquences en temps réel ⁽¹⁾ Gestion des caractéristiques spectrales des émissions Segmentation variable dynamique Limitation des tolérances de fréquences Canal pilote	Bandes attribuées en partage sur la base de la séparation géographique Séparation entre emplacements Caractéristiques du système d'antenne: – antennes adaptatives (smart antenna) – discrimination de polarisation d'antenne – discrimination du diagramme de rayonnement d'antenne – sectorisation d'antenne – inclinaison vers le bas de l'antenne Accès multiple par répartition spatiale (AMRS) Obstacles physiques et effet d'écran du terrain Commande de puissance à l'émission	Contrôle du facteur d'utilisation Assignation dynamique des fréquences en temps réel Accès multiple avec détection de la porteuse.	Codage et traitement des signaux Correction d'erreur directe (CED) Suppression des brouillages Etalement du spectre: – séquence directe – sauts de fréquence – MF pulsée Réglage de la puissance du brouillage/ajustement de la largeur de bande: – partage cocanal – commande dynamique du niveau de puissance d'émission – réduction de la puissance surfacique et réduction de la densité spectrale de puissance (dispersion d'énergie) Complexité de la modulation Polarisation de l'antenne [systèmes de radiocommunication pilotés par logiciel]
⁽¹⁾ L'assignation dynamique des fréquences en temps réel facilite le partage parce qu'elle utilise à la fois le domaine temporel et le domaine fréquentiel. C'est pourquoi cette méthode est indiquée dans les deux colonnes.			

Certaines des méthodes présentées au Tableau 5-4 sont nouvelles ou inédites et peuvent favoriser une utilisation plus efficace du spectre ou offrir une plus grande souplesse. Bon nombre de ces méthodes ont été élaborées à la suite de la mise en œuvre de technologies nouvelles applicables aux équipements, de l'informatisation de l'analyse des données et de l'évolution des connaissances. Certaines font appel à des techniques complexes de gestion informatisée des fréquences en temps réel.

5.5.1.1 Espace des fréquences

Plans de disposition des voies

On peut disposer les voies de fonctionnement de façon homogène ou non homogène afin d'obtenir une configuration en canaux interstitiels d'un ou de plusieurs systèmes de communication. Ce moyen d'éviter les brouillages doit être coordonné suffisamment à l'avance pour assurer l'espace voulu entre les canaux et tirer parti du type de modulation utilisé.

Segmentation des bandes de fréquences

Le regroupement de plusieurs canaux, ou la création d'une sous-bande pour les systèmes qui ne relèvent pas d'un plan de disposition des voies, pour différents utilisateurs ou différentes applications du spectre, est analogue à l'utilisation de plans de disposition des voies. Dans certains cas, on aura intérêt à recourir à cette méthode, car elle présente l'avantage d'éviter le plus possible la coordination tout en permettant des utilisations multiples d'une bande.

Systèmes à agilité de fréquences

Le principe des systèmes à agilité de fréquences consiste à choisir en temps réel des fréquences de fonctionnement dans une partie d'une bande donnée, à l'aide des techniques dites d'écoute avant la transmission. Ces systèmes, qui ne sont pas assujettis à une procédure de coordination mutuelle ou à la décision d'un opérateur d'un autre système, recherchent des fréquences non utilisées dans le spectre pour une communication. Etant donné qu'ils présentent des risques accrus de brouillage, les systèmes à agilité de fréquences ne se prêtent pas aux télécommunications publiques ou au transfert de données essentielles.

Partage dynamique

Les techniques informatiques modernes offrent davantage de possibilités de partage aux gestionnaires du spectre et permettent de pallier l'inefficacité imputable aux contraintes rigides imposées aux services. Le partage dynamique de fréquences entre différents systèmes relevant des mêmes services permet à plusieurs systèmes d'utiliser les mêmes fréquences, mais à des moments différents, dans une même région géographique.

AMRF

La technique AMRF consiste à assigner à chaque utilisateur une fraction de la largeur de bande et à en limiter l'accès à la sous-bande attribuée. L'orthogonalité est assurée dans le domaine fréquentiel.

Gestion des caractéristiques spectrales des émissions

La gestion des caractéristiques spectrales des émissions permet de libérer davantage de fréquences pour les radiocommunications en limitant la quantité de spectre perdue en raison des rayonnements non désirés (rayonnements non essentiels et émissions hors bande).

Segmentation variable dynamique

La méthode de la segmentation variable dynamique, qui consiste à partager en temps réel une portion de spectre entre deux services, l'un ayant la priorité sur l'autre, permet elle aussi d'accroître la souplesse d'utilisation du spectre.

Limitation des tolérances de fréquences

On entend par tolérance de fréquences l'écart maximal admissible entre la fréquence située au centre de la bande occupée par une émission et la fréquence assignée, ou entre la fréquence caractéristique d'une émission et la fréquence de référence. La limitation des tolérances de fréquences consiste à contrôler le dérapage en fréquence du signal de transmission et permet de réaliser des économies de spectre, puisqu'un plus grand nombre de systèmes peuvent fonctionner dans une portion de spectre donnée.

Accès multiple avec assignation en fonction de la demande (AMAD)

L'assignation prédéterminée de canaux a pour principal inconvénient qu'il est difficile d'absorber les variations aléatoires du trafic. Dans le cas d'une voie à faible trafic pour toutes les stations, d'un réseau ou d'un système ayant un grand nombre de stations, la technologie AMAD est la plus indiquée pour accroître l'efficacité spectrale; le système AMAD avec une seule voie par porteuse (SCPC, *single channel per carrier*) et le système à accès multiple avec affectation à la demande et une seule voie par porteuse (SPADE, *single channel per carrier PCM multiple access demand assignment equipment*) à modulation par impulsions et codage (MIC) sont les exemples classiques de ce type d'application.

Diversité de fréquence

Lorsque l'évanouissement sur le trajet de propagation radioélectrique varie en fonction des fréquences et qu'il présente, selon les fréquences, des niveaux différents entre lesquels la corrélation est faible ou négligeable, le

recours à la diversité de fréquence, combinée à la commutation parfaite (sans erreur) des canaux, permettrait d'obtenir des gains de diversité manifestes. Ces gains de diversité de fréquence dépendent des caractéristiques de dispersion des évanouissements et du facteur de corrélation entre les fréquences utilisées pour la diversité, ainsi que de la qualité de la commutation parfaite (sans erreur).

5.5.1.2 Séparation spatiale

Bandes attribuées en partage sur la base de la séparation géographique

Les utilisateurs de régions géographiques différentes peuvent réutiliser la même fréquence à condition d'être séparés par des distances suffisamment grandes. Le partage de fréquences géographique ou régional est une technique éprouvée qui a longtemps été considérée comme étant une application commode.

Séparation entre emplacements

Il convient de choisir l'emplacement de façon que la station se trouve suffisamment loin des autres stations exploitées sur la même fréquence.

Caractéristiques du système d'antenne

On peut tirer parti de certaines caractéristiques des systèmes d'antenne pour faciliter le partage ou réduire au maximum les brouillages. Pour ce faire, on peut évidemment utiliser des antennes directives, dans la mesure où les technologies le permettent.

Accès multiple par répartition spatiale (AMRS)

On a mis au point des techniques permettant de procéder à une discrimination de la transmission fondée sur l'orientation spatiale, en faisant varier les diagrammes d'antenne. Cette technique est particulièrement importante pour les nouvelles applications des satellites, la boucle locale hertzienne et les radiocommunications mobiles cellulaires.

Obstacles physiques et effets d'écran du terrain

L'effet d'écran peut limiter l'angle de rayonnement d'un émetteur et, par conséquent, le brouillage causé à d'autres systèmes ainsi que celui causé à un récepteur. Cette limitation permet d'assurer un meilleur partage, puisqu'on regroupe géographiquement des systèmes qui risqueraient de se brouiller mutuellement. L'effet d'écran du terrain peut être naturel (végétation, terrain ou bâtiments).

5.5.1.3 Séparation temporelle

Partage des fréquences

Les utilisateurs peuvent partager le spectre dans le temps. Tel est le cas des chauffeurs de taxi, qui utilisent alternativement les mêmes fréquences, ou des cibistes, qui utilisent en partage des fréquences.

Contrôle du facteur d'utilisation

Le facteur d'utilisation est le produit de la durée d'une impulsion et de la fréquence de répétition de cette impulsion. Il s'agit aussi du rapport entre la puissance de sortie moyenne et la puissance de sortie de crête.

Assignation dynamique des fréquences en temps réel

La méthode de segmentation variable dynamique, qui consiste à partager en temps réel une portion de spectre entre deux services, l'un ayant la priorité sur l'autre, permet elle aussi d'accroître la souplesse d'utilisation du spectre. Cette méthode consiste à faire une segmentation qui divise les canaux situés dans une partie du spectre en deux parties.

AMRT

L'AMRT est une technique qui consiste à assigner à chaque utilisateur des intervalles de temps de voies fixes prédéterminés. L'utilisateur a ainsi accès à toute la largeur de bande, mais uniquement pendant l'intervalle de temps qui lui a été assigné.

5.5.1.4 Découplage des signaux

Codage et traitement des signaux

Il existe plusieurs techniques dites de codage (ou modulation codée) et de traitement des signaux. Le codage peut être effectué pendant la modulation (codage des canaux, par exemple avec l'AMRC), ou au niveau du signal d'origine avant la transmission (codage à la source, comme dans le cas de la compression de chaînes de données).

CED

La méthode de CED sur les liaisons numériques permet de réduire le rapport $C/(N + I)$ requis et d'utiliser des marges de puissance plus faibles, aux dépens du débit ou de la largeur de bande. Avec cette méthode, on a recours à des techniques de codage à la source pour détecter les erreurs et faire en sorte que l'émetteur retransmette les blocs de données erronés.

Suppression des brouillages

Une technique avancée de réduction des brouillages est la suppression des brouillages non linéaires, technique fondée sur l'emploi d'algorithmes de traitement des signaux puissants, qui utilisent les caractéristiques de corrélation spectrale du signal utile et du signal brouilleur.

AMRC

Les techniques de modulation par étalement du spectre ou AMRC sont particulièrement intéressantes pour le partage uniforme à l'intérieur d'un même système ou entre plusieurs systèmes.

La technique AMRC permet un chevauchement des signaux transmis à la fois en fréquence et dans le temps. Pour ce faire, on utilise différents codes de signalisation, conjointement avec des filtres adaptés (ou encore un dispositif de détection de corrélation) au niveau des récepteurs pour procéder au découplage des signaux. On attribue à chaque utilisateur une séquence de code déterminée qui est modulée sur la porteuse, les données numériques étant elles-mêmes modulées. Les deux méthodes AMRC les plus répandues sont le saut de fréquence et le codage de phase. Avec le système à saut de fréquence, on change périodiquement de fréquence selon un cycle spécifié et avec le codage de phase, la porteuse est modulée en phase par la séquence de données numériques et la séquence de codes. On obtient plusieurs codes orthogonaux au prix d'une largeur de bande requise plus importante (pour pouvoir étaler les signaux).

Étalement du spectre

Les émetteurs qui utilisent des techniques d'étalement du spectre étalent le signal sur une largeur de bande nettement supérieure à la largeur de bande du signal d'origine, au moyen d'un code avec répétition prédéterminée. Le récepteur utilise le même code pour supprimer l'étalement du signal afin de le ramener sous sa forme initiale.

L'avantage de la technique d'étalement du spectre est qu'elle permet d'éliminer les brouillages. Comme exemples d'applications commerciales des systèmes à étalement du spectre, on peut citer les communications personnelles, les téléphones cellulaires, les systèmes d'alarme hertziens, les réseaux locaux d'entreprise et les systèmes de radiomessagerie.

Si la superposition de systèmes à étalement du spectre dans des bandes de fréquences permet d'améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre (comme cela est le cas des dispositifs à faible puissance sans licence), le risque de brouillage augmente proportionnellement au nombre de ces systèmes. La multiplication des systèmes à séquence directe peut accroître notablement le bruit de fond et compromettre ainsi le fonctionnement de tous les systèmes à bande étroite. Si le nombre de systèmes à sauts de fréquence augmente de façon substantielle, les brouillages, même de courte durée, risquent de devenir si fréquents qu'ils nuiront au fonctionnement.

Réglage de la puissance du brouillage/ajustement de la largeur de bande

Si l'on part du principe que le bruit et le brouillage ont la même incidence sur la qualité de fonctionnement du récepteur, comme c'est le cas de certains systèmes, on peut recourir à la technique du réglage de la puissance ou de l'ajustement de la largeur de bande pour tirer parti du caractère non linéaire du rapport C/I acceptable, en fonction du rapport C/N pour une constante $C/(N + I)$. Cette technique consiste à augmenter la puissance

d'émission du système qui subit le brouillage. En augmentant légèrement la puissance d'émission d'un système limitée par le bruit, par exemple, de 3 dB, on accroît beaucoup plus le volume de brouillage au niveau du récepteur, par exemple de 10 dB.

Complexité de la modulation

L'utilisation de la modulation d'amplitude en quadrature à nombre élevé d'états (MAQ- M) et la structuration évoluée du signal permettent d'accroître le débit binaire dans une largeur de bande fixe ou de réduire cette largeur de bande pour un débit binaire fixe et d'améliorer la caractéristique puissance/spectre. Etant donné que le choix d'une modulation plus complexe oblige, en règle générale, à recourir davantage à des codes de correction d'erreur, il faudra peut-être procéder à un traitement des canaux dynamique plus complexe pour satisfaire aux objectifs de qualité de la transmission.

Modulation codée

La technologie CED peut améliorer l'utilisation de la puissance mais elle réduira l'efficacité spectrale en raison de l'insertion de la redondance dans le domaine temporel. La modulation codée est une technologie importante qui permet d'améliorer l'utilisation de la puissance sans pour autant réduire l'efficacité spectrale. Elle conjugue la modulation à une technologie de codage par mappage de la redondance dans les paramètres de modulation.

Traitement adaptatif du signal

La technologie évoluée de traitement adaptatif du signal est essentielle pour tirer parti des avantages qu'offrent les systèmes de transmission numériques hertziens à grande vitesse de la nouvelle génération. Cette technologie fait intervenir les procédés suivants:

- égalisation adaptative dans le domaine fréquentiel et/ou dans le domaine temporel;
- commande de puissance adaptative de l'émetteur;
- diversités d'antenne, en particulier la diversité spatiale verticale et/ou la diversité spatiale horizontale avec divers combineurs de diversité adaptatifs;
- diversité de fréquence, notamment avec une commutation parfaite (sans erreur) pour contrer les effets de la variation du temps effectif de propagation;
- annulation ou suppression d'écho/de brouillages et détection multi-utilisateur contre les effets des brouillages instantanés;
- transmission parallèle sur plusieurs porteuses (orthogonales) (ou multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MRFO)) contre les effets de la forte distorsion par dispersion des signaux à large bande;
- prédistorsion ou égalisation non linéaire contre les effets de la distorsion non linéaire, etc.

Cette technologie évoluée de traitement adaptatif du signal offre des moyens efficaces pour contrer les effets des variations des conditions instantanées de transmission, comme la variation du niveau du signal reçu et la dispersion du signal.

Polarisation de l'antenne

Comme cela est indiqué précédemment, les caractéristiques de polarisation de l'antenne, comme les caractéristiques de polarisation orthogonale, sont concrètement très importantes pour améliorer la capacité de réutilisation des fréquences des systèmes de radiocommunication numériques de Terre, des systèmes de communication par satellite, des boucles locales hertziennes à bande étroite/à large bande ainsi que des communications mobiles. La Recommandation UIT-R SM.1132 fournit une description plus détaillée des méthodes indiquées au Tableau 5-4.

Dans la section 5.5.2, un certain nombre de méthodes de partage sont indiquées avec des exemples.

5.5.2 Partage entre le service mobile terrestre et les services de radiodiffusion

Les Recommandations UIT-R SM.851, UIT-R M.1767 et UIT-R M.1670 décrivent le partage par séparation spatiale entre le service mobile terrestre et le service de radiodiffusion analogique dans les bandes d'ondes

métriques et décimétriques. Pour permettre un fonctionnement satisfaisant des deux types de service, la Recommandation spécifie des valeurs maximales des champs brouilleurs dans les récepteurs.

Pour la protection des services de radiodiffusion télévisuelle analogique et sonore contre le service mobile terrestre utilisant la modulation angulaire, le champ médian qui est protégé du brouillage dans le cas de la télévision doit avoir les valeurs indiquées dans la Recommandation UIT-R BT.417. Ces valeurs sont les maxima pris dans les valeurs mondiales des champs médians protégés.

TABLEAU 5-5
Valeurs de champ pour lesquelles une protection est assurée
au service de radiodiffusion

Bande de fréquences (MHz)	Champ ($\mu\text{V/m}$)
44-108	48
66-108	54 pour le service stéréo en MF
137-254	56
470-582	65
582-960	70

Les valeurs indiquées dans ce tableau s'appliquent à une hauteur d'antenne de 10 m au-dessus du sol. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer les valeurs correspondantes du champ pour certaines zones urbaines où les bâtiments ont une hauteur nettement supérieure à 10 m et pour des réémetteurs où il conviendrait d'envisager des champs plus forts. Le brouillage potentiel d'une station de base du service mobile terrestre se calcule à partir du champ perturbateur:

$$F_i = E(50, T) + A + B \cdot E(50, T) \quad (5)$$

Dans cette expression, $E(50, T)$ est le champ de l'émetteur brouilleur qui est dépassé en 50% des emplacements pendant $T\%$ (compris entre 1 et 10) du temps, avec une hauteur d'antenne de 10 m; ce champ est déterminé comme indiqué dans l'ancienne Recommandation UIT-R P.370 (voir la Recommandation UIT-R P.1546). Le terme A (dB) est le rapport de protection nécessaire pour la radiodiffusion télévisuelle, étudié plus en détail au § 3.2.3. Le terme B désigne la discrimination d'antenne (dB). Pour une polarisation mixte, on a $B = 0$; en radiodiffusion télévisuelle avec polarisation horizontale, $B = -15$, sauf dans quelques pays de la Région 2, où $B = -9$; pour la radiodiffusion sonore, on calcule B d'après les indications de la Recommandation UIT-R BS.599. L'effet du brouillage multiple causé par des stations de base se calcule à l'aide de la somme des puissances.

Pour la protection du service mobile terrestre utilisant la modulation angulaire dans les bandes de fréquences partagées contre le brouillage causé par les services de radiodiffusion, on a les valeurs suivantes pour le champ médian avec des espacements de canaux de 25 ou 30 kHz dans le récepteur mobile terrestre:

TABLEAU 5-6

Valeurs du champ pour lesquelles une protection est assurée au service mobile terrestre

Bande de fréquences (MHz)	Champ ($\mu\text{V/m}$)	
	Brouillage gênant (qualité 3)	Brouillage perceptible (qualité 4)
44-68	16	19
68-87,5	15	20
87,5-108	14	20
137-254	14	21
470-582	20	24
582-960	30	38

A mesure que la qualité diminue, il faut faire plus d'effort pour comprendre la parole: dans la qualité 5, l'effet de brouillage est presque nul, la qualité 4 donne un brouillage «perceptible» et la qualité 3 un brouillage «gênant». Pour des espacements de canaux de 12,5 et 15 kHz, les valeurs du tableau doivent être majorées de 3 dB. Un complément d'étude est nécessaire en ce qui concerne les espacements de canaux supérieurs à 30 kHz.

La puissance reçue par le récepteur mobile se calcule à l'aide de la formule:

$$P_r \text{ (dBm)} = E - 20 \log F - L_c + G_r - 77,2 \quad (6)$$

où:

E : champ électrique (dB($\mu\text{V/m}$))

F : fréquence (MHz)

L_c : pertes de câble entre l'antenne et le récepteur (dB)

G_r : gain de l'antenne du récepteur (dBi).

Le champ de l'émetteur brouilleur dépassé en 50% des emplacements pendant 10% du temps peut être déterminé d'après les dispositions de l'ancienne Recommandation UIT-R P.370 (voir la Recommandation UIT-R P.1546). La discrimination d'antenne à l'égard des émissions de télévision polarisées horizontalement est de 18 dB pour les stations de base et de 8 dB pour les stations mobiles terrestres. On ne postule pas de discrimination d'antenne pour les émissions à polarisation verticale ou à polarisation mixte.

Dans le cas du partage entre un service mobile terrestre de qualité 3 et le service de radiodiffusion sonore, pour plusieurs valeurs de l'espacement de fréquence entre les porteuses des deux services, on a les valeurs suivantes pour le rapport de protection applicable au service mobile terrestre (espacement des canaux: 12,5 kHz):

TABLEAU 5-7

Rapports de protection pour le service mobile terrestre

Espacement de fréquence (kHz)	Rapport de protection (dB)
0	8
25	6
50	-5,5
75	-17,5
100	-27,5

Les rapports de protection requis pour les systèmes DVB en présence d'une station de base LTE et d'un équipement d'utilisateur dans les bandes des ondes métriques ou décimétriques sont décrits dans la Recommandation UIT-R BT.2033.

Un complément d'étude est nécessaire pour d'autres qualités de service et d'autres valeurs de l'espacement des canaux.

5.5.3 Partage entre les services fixes et les services de radiodiffusion

La Recommandation UIT-R SM.851 (pour les systèmes analogiques) décrit les procédures utilisées afin de déterminer les critères pour le partage entre le service de radiodiffusion (sonore et télévisuelle) et le service fixe lorsque ces services fonctionnent dans la même bande d'ondes métriques ou décimétriques ou dans des bandes adjacentes.

5.5.4 Partage avec les systèmes radar

Les systèmes radar accomplissent de nombreuses fonctions dans les radiocommunications: radiolocalisation, radionavigation, altimétrie, météorologie, astronomie par radiodétection, exploration des ressources de la Terre. Cette grande diversité des fonctions fait des systèmes radar un des plus grands groupes d'utilisateurs du spectre radioélectrique.

La diversité des caractéristiques du radar (fréquence, puissance, propriétés des antennes et forme des signaux) définit un environnement électromagnétique extrêmement complexe. La plupart de ces systèmes fonctionnent en mode de balayage et couvrent un volume de brouillage à 3 dimensions. A cela s'ajoute le fait que les systèmes radar fonctionnent dans des installations fixes ou mobiles sur la Terre ferme, à bord de navires, d'aéronefs et d'engins spatiaux; par conséquent, la possibilité de brouillage entre les systèmes radar et d'autres services et systèmes de radiocommunication est un problème auquel on ne peut échapper. Il existe un facteur commun, à savoir que les composantes de la propagation (onde ionosphérique et onde de sol) sont insignifiantes dans les bandes comprises entre 200 MHz et 40 GHz. Cependant, les brouillages atmosphériques, notamment les précipitations, deviennent importants sur les fréquences allant d'environ 5 GHz à 40 GHz.

Dans le partage des fréquences, les services radar n'ont généralement qu'un statut secondaire ou non protégé. Il faut procéder avec prudence lorsqu'on envisage le partage avec des systèmes autres que les systèmes radar. Cela s'explique essentiellement par la puissance élevée des radars et par le potentiel de brouillage entre les systèmes. Il existe cependant de nombreux exemples de partage réussi entre des radars et d'autres services.

A titre d'exemple, on peut citer le cas du partage entre des systèmes radar et d'autres services dans les bandes de fréquences des 5 GHz. La réglementation nationale en vigueur dans bon nombre de pays permet à des RLAN de fonctionner de façon satisfaisante dans la gamme de fréquences des 5 GHz, qui est attribuée à la radiolocalisation à titre primaire et qui est utilisée par différentes applications radar. La sélection dynamique de fréquences (DFS) qui permet à des RLAN d'éviter les fréquences utilisées par les radars, facilite la possibilité d'un partage.

5.5.5 Partage avec le service de radioastronomie

Les radioastronomes détectent des signaux qui sont 10^6 à 10^{12} plus faibles que les émissions des services actifs. Pour cette raison, il est généralement impossible pour le service de radioastronomie de partager une bande de fréquences avec un service actif dont les émetteurs sont en visibilité directe d'une antenne de radioastronomie. C'est pourquoi, les sites de radioastronomie sont choisis de façon à réduire au strict minimum les brouillages causés par les émetteurs de Terre. Les sites sont habituellement très éloignés des principales sources de brouillage des systèmes de Terre et peuvent être protégés par le relief environnant. Dans certains cas, les administrations ont également choisi des zones radioélectriques calmes autour des observatoires de radioastronomie afin de les protéger contre les émissions des systèmes de Terre.

Dans certaines bandes énumérées dans le numéro **5.340** du RR, toutes les émissions sont interdites et, par conséquent, ces bandes sont utilisées en partage uniquement entre les services passifs (pas d'émission). Le partage dans les bandes attribuées à titre primaire au service de radioastronomie nécessite un espacement géographique, un espacement temporel ou les deux. Dans les bandes attribuées à titre primaire et utilisées en partage, une perte de données de 2% pour un service ou de 5% pour tous les services est tolérable pour le service de radioastronomie comme indiqué dans la Recommandation UIT-R RA.1513. Même si pour des

raisons d'espacement géographique, il ne doit pas y avoir d'émetteurs sur de grandes distances, il y a relativement peu de télescopes qui sont exploités dans une bande donnée à l'échelle mondiale et par conséquent le partage reste possible.

Le partage avec les émetteurs embarqués ou à bord de satellites n'est pas possible pour les stations de radioastronomie sauf à prévoir des modalités de partage temporel.

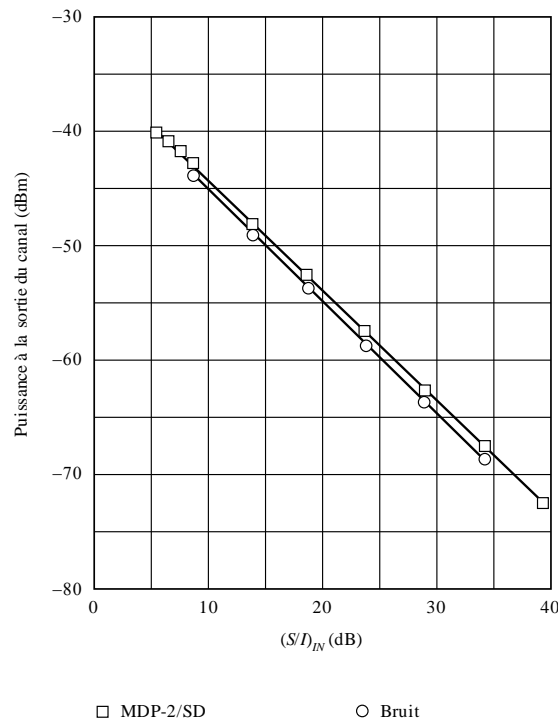
5.5.6 Partage par application des techniques d'étalement du spectre

Un système fonctionnant avec étalement du spectre peut être défini comme suit: système dans lequel l'énergie moyenne du signal émis se répartit sur une bande beaucoup plus large que la bande d'information. Le principe de ces systèmes est qu'ils compensent une bande d'émission plus large par une moindre densité spectrale moyenne de puissance et une capacité d'élimination plus grande des signaux brouilleurs dans la même bande de fréquences. Du fait que la puissance transmise dans la bande passante des récepteurs à bande étroite peut être plus faible, ces systèmes offrent des possibilités de partage du spectre avec des systèmes à bande étroite de type classique. De plus, les systèmes fonctionnant avec étalement du spectre permettent d'éliminer le brouillage à bande étroite. Il faut noter, cependant, que le partage entre des systèmes à étalement du spectre et d'autres systèmes en exploitation dans la même bande de fréquences a pour effet de relever le plancher de bruit du canal et peut affecter la qualité de fonctionnement des systèmes à bande étroite.

La Recommandation UIT-R SM.1055 contient des informations supplémentaires sur l'utilisation des techniques d'étalement du spectre et fournit notamment des exemples de partage de fréquences au moyen de ces techniques ainsi que des procédés d'analyse des brouillages causés à des récepteurs classiques. L'exemple 1 tiré de la Recommandation UIT-R SM.1055, qui est fondé sur les résultats de mesures disponibles et sur les résultats d'une simulation par ordinateur, montre que la qualité des signaux vocaux MA, MF ou MRF/MF sera la même en présence d'un signal SD qu'en présence d'un bruit blanc gaussien. La Figure 5.6 montre les résultats des mesures dans un canal supérieur d'un système MRF/MF à 600 canaux simulé et du bruit en présence d'un brouillage MDP-2/SD. La petite différence entre les deux courbes s'explique par le fait que la densité spectrale de puissance du signal SD est un peu supérieure à celle du bruit. La qualité des signaux téléphoniques MA, MF et MRF/MF en présence de signaux SF ou d'un signal pulsé est la même et ces résultats peuvent s'appliquer également au cas du signal mixte SF/SD. Pour les essais subjectifs d'intelligibilité, on fait varier la fréquence de répétition des impulsions ainsi que la largeur du signal pulsé. Les résultats sont comparables à ceux obtenus avec un signal SF aléatoire. [Hatch et autres, 1971] ont donné un résumé des tendances indiquées par les résultats des mesures et par les simulations sur ordinateur dans le cas MA.

FIGURE 5.6

Puissance mesurée à la sortie du canal, en fonction du rapport S/I pour la modulation de fréquence avec MRF brouillée par un signal à séquence directe à modulation par déplacement de phase (MDP-2/SD) et par du bruit



Nat.Spec.Man-5.06

En se fondant sur ces résultats, on détermine les rapports de protection S/I , que l'on utilise pour calculer les affaiblissements de propagation minimaux requis (voir le Tableau 5-7) pour chaque système destiné à fonctionner avec partage. À noter que ces résultats ne doivent pas être utilisés pour comparer entre eux les systèmes vocaux MA, MF et MRF/MF, car les niveaux des signaux utiles sont différents dans ces trois cas. Le Tableau 5-7 montre que le partage est possible entre des systèmes ES du type cocanal (systèmes de transmission vocale SD/MDP 10 Mbit/s et MA), parce que l'affaiblissement de propagation requis (127 dB) est inférieur à celui qui est requis entre des systèmes vocaux MA du type cocanal (144 dB).

TABLEAU 5-8
Affaiblissements minimaux de propagation requis (dB)

Largeur de bande de l'émission ⁽¹⁾ (kHz)	Brouillage		Signal utile					
			A3E		F3E		F8E	
		IN	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9
1,4 ⁽²⁾	A3E (MA)		144	150				
1,5 ⁽²⁾	F3E (MF)				163	177		
400 ⁽²⁾	F8E (MRF-MF)						143,6	148,6
9 000	SD/MDP 10 Mbit/s		127	134	137	144	141,6	147,6
6 000	SD/MDM 10 Mbit/s		129,1	136,1	139,1	146,1	141,6	147,6
36 000	SD/MDP 40 Mbit/s		121	128	131	138	139	145
24 000	SD/MDM 40 Mbit/s		123,1	130,1	133,1	140,1	141,2	147,2
180 000	SF/SD/MDP (40, 100, 250, 5, 4,5)		111,7	123,7	134,7	145,7	131,7	137,7
120 000	SF/SD/MDM (40, 100, 250, 5, 3)		113,7	125,7	136,7	147,7	133,7	139,7
90 000	SF/SD/MDP (40, 100, 250, 2,5, 2,25)		114,7	126,7	137,7	148,7	134,7	140,7
	SF/SD/MDM (40, 100, 250, 2,5, 1,5)		116,7	128,7	139,7	150,7	136,7	142,7

⁽¹⁾ Largeur de bande à 3 dB (c'est la largeur de bande d'émission qu'il faut utiliser lorsqu'on détermine la largeur de la bande dans laquelle l'émetteur et le récepteur sont considérés comme fonctionnant dans le même canal).

⁽²⁾ Cette valeur concerne la crête de la densité spectrale de puissance dans les bandes latérales.

On a étudié expérimentalement les effets produits par le brouillage dans le même canal et le brouillage par le canal adjacent, sur cinq récepteurs de télévision standard nord-américains fonctionnant dans les bandes 50-88 MHz en modulation NTSC. Certains de ces essais ont montré la possibilité du partage entre les systèmes ES/SF et le service de radiodiffusion télévisuelle. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer les relations existant entre les rapports signal/ brouillage requis et le nombre d'émissions en SF.

Autre exemple: le partage des bandes de fréquences entre le système navigation aérienne/ équipement de mesure de distance (AN/DME, *air navigation/distance measuring equipment*) et un système AMRT ES se fonde sur plusieurs facteurs, en plus d'une faible densité spectrale. L'énergie émise dans le système AMRT est répartie sur la totalité de la bande AN/DME, soit 960-1 215 MHz, contre 300 kHz pour la bande passante du récepteur AN/DME. Après que la possibilité du partage eut été démontrée, on a apporté aux deux systèmes des modifications mineures qui ont permis d'augmenter l'efficacité du spectre.

5.5.7 Résumé des Recommandations de l'UIT-R sur le partage entre les services

TABLEAU 5-9

Recommandations de l'UIT-R qui traitent du partage entre les services

Victime	Source de brouillage									
	Radio-diffusion	Fixe	Mobile	SETS/SR/SO	SMS	SFS	Radio-navigation	Radio-localisation	Metsat/Metaids	Inter-satellites
Radio-diffusion		SM.851	SM.851							
Fixe	SM.851		F.1402	SA.1258 SA.1277 F.1502	M.1469 M.1472 M.1473 M.1474	SF.1006 SF.1486				
Mobile	SM.851	F.1402		SA.1154 SA.1277						
SETS/SR/SO		F.761 F.1247 SA.1277	SA.1154 SA.1277			S.1069 SA.1277 RS.1449			SA.1277	
SMS				SA.1277					RS.1264	
SFS		SF.1006 SF.1486	S.1426 S.1427 M.1454	SA.1277			S.1068 S.1151 S.1340			
Radio-navigation					S.1341	S.1151				
Radio-localisation										
Metsat/Metaids					SA.1158 RS.1264					
Inter-satellites										
SRNS				RS.1347	M.1470					
Radio-astronomie ⁽¹⁾										
Aéro-nautique	SM.1009									

⁽¹⁾ La Recommandation UIT-R RA.1031 étudie la protection du service de radioastronomie dans les bandes de fréquences partagées avec d'autres services.

5.6 Rapports de protection

Au numéro **1.170** de l'Article **1** du RR, le *rapport de protection* est défini comme suit: «Valeur minimale généralement exprimée en décibels du rapport signal utile/signal indésirable à l'entrée d'un récepteur, déterminé dans des conditions spécifiées, permettant d'obtenir une qualité de réception donnée du signal utile à la sortie du récepteur». La qualité de réception donnée s'exprime à l'aide d'un paramètre de fonctionnement spécifié, par exemple un taux d'erreur binaire, le niveau de dégradation de la qualité d'une image ou l'intelligibilité de la parole, selon le type d'émission.

Le Tableau 5-10 donne un certain nombre de rapports de protection, compte tenu des «conditions spécifiées» et pour plusieurs niveaux de qualité de fonctionnement. Par ailleurs, le tableau distingue le cas «cocal» (les porteuses rayonnées par les émetteurs ont la même fréquence) et le cas «hors canal» (les porteuses de l'émetteur «utile» et de l'émetteur brouilleur ont une différence de fréquence Δf); voir à ce propos la section du présent Manuel où est analysé le brouillage dû au canal adjacent.

Les Recommandations UIT-R BS.559 et UIT-R BS.560 donnent des renseignements complémentaires sur les rapports de protection en radiodiffusion sonore.

Les rapports de protection peuvent être déterminés pour une classe d'émission et pour toutes les autres classes d'émission du signal brouilleur, y compris le brouillage par bruit. L'estimation du rapport de protection est basée sur des calculs et des mesures et dépend de la qualité de réception spécifiée que l'on désire pour le service à protéger. On peut observer également au Tableau 5-10 que les rapports de protection entre certains services restent encore à déterminer.

La Recommandation UIT-R SM.1009 traite de difficultés entre les communications de Terre et les services de radiodiffusion à modulation de fréquence exploités dans des bandes adjacentes. L'Annexe 10 de la Convention de Chicago de l'OACI énonce des spécifications et des caractéristiques se rapportant à la protection des services aéronautiques, par exemple, pour les systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS), les radiophares d'alignement omnidirectionnels, en ondes métriques (VOR) et les équipements de navigation et de télécommunication.

TABLEAU 5-10
Rapports de protection (dB)

Brouillage		Classe d'émission	500HA1B			6K00A2B			6K00A3E			3K00A3E			5M00C3F			7M00C3F-8M00C3F			1K10F1B			16K0F3E			726KF8E			1M32P0N			Bruit		
Signal utile			Paramètres	100 Bd PW = 10 ms			$m_t = 1$			$m_t = 0.3$			525 lignes			625 lignes			50 Bd PW = 10 ms			24 voies			PW = 5 μ s FRI = 300 pps			Bruit blanc gaussien							
Classe d'émission	Paramètres	Niveau de qualité de fonctionnement ⁽¹⁾	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté	CO	OFF	Noté			
500HA1B	$BW_{IF} = 500$ Hz, 50 Bd (S/N) _c = 18 dB	$P_E = 10^{-2}$	11		3				6		4	14		4				12		3	8		4												
		$P_E = 10^{-4}$	12		3				7		4								13		3	11		4											
		$P_E = 10^{-6}$	13		3				8		4								14		3	13		4											
6K00A2B	$BW_{IF} = 8$ kHz $m_t = 1,0$ (S/N) _c = 18 dB	$P_E = 10^{-2}$	4		1			5		1											4		1							6	-	1			
		$P_E = 10^{-4}$	4		1			5		1												4		1					9	-	1				
		$P_E = 10^{-6}$	4		1			5		1												4		1											
6K00A3E ⁽²⁾	$BW_{IF} = 8$ kHz $\Delta f = 0,5$ kHz $m_t = 0,3$ (S/N) _c = 45 dB	MINIT	44	61	1			43	48	1	50	50	1					47	55	1	48		1					20	10	1					
		0,7 AI	4	8	1			7	8	1	17	14	1						3	8	1	19		1				-17	-22	1	21	-	1		
		0,3 AI	-7	-2	1			2	3	1	6	3	1						-2	4	1	8		1				-30	-37	1	10	-	1		
		GCQ	39	35	2			32	42	2	44	43	2						37	41	2	40		2				-3	-2	2	41	-	2		
		MCQ	21	20	2			14	24	2	26	25	2						19	23	2	22		2				-15	-20	2	23	-	2		
		JUQ	12	11	2			5	15	2	17	16	2						10	15	2	13		2				-24	-28	2	14	-	2		
3K00J3E ou 3K00R3E	$BW_{IF} = 2,7$ kHz $\Delta f = 0,5$ kHz (S/N) _c = 35 dB	MINIT	25	42	1			20	20	1	42	41	1					30	40	1	35		1	38		1	1	1	1	1					
		0,7 AI	-14	-8	1			-14	-5	1	3	4	1					-25	-12	1	3		1	0		1	-38		1	9	-	1			
		0,3 AI	-28	-24	1			-28	-19	1	-12	-16	1						-43	-37	1	-10		1	-12		1	-52		1	-3	-	1		
		GCQ	10	27	2			13	30	2	31	32	2						21	30	2	27		2	26		2	-15		2	32	-	2		
		MCQ	-8	9	2			-5	12	2	13	14	2						3	12	2	9		2	8		2	-33		2	14	-	2		
		JUQ	-17	0	2			-14	3	2	4	5	2						-6	3	2	0		2	-1		2	-42		2	5	-	2		
5M00C3F	$BW_{IF} = 6$ MHz, 525 lignes (S/N) _c = 46 dB	TASO 2,5				50	15	5	50	15	5				47	25	5				50	15	5												
7M00C3F-8M00C3F	$BW_{IF} = 6$ MHz, 625 lignes (S/N) _c = 46 dB	UIT-R 4							58	-	6							52	-	6															
		UIT-R 3							51	-	6								45	-	6														
1K10F1B	$BW_{IF} = 1\ 050$ Hz $D_{PK} = \pm 425$ Hz 50 Bd (S/N) _c = 18 dB	$P_E = 10^{-2}$	0		1 & 3			2		1	10		4					6		3	0,5		1					-50		1	9	-	1		
		$P_E = 10^{-4}$	0		1 & 3			3		1	13		4						7		3	1		1				-49		1	13	-	1		
		$P_E = 10^{-6}$	1		1 & 3			3		1	15		4						8		3	2		1				-48		1	15	-	1		
16K0F3E ⁽²⁾	$BW_{IF} = 16$ kHz $D_{PK} = 5$ kHz $\Delta f = 0,5$ kHz Désaccentuation (S/N) _c = 22 dB	MINIT	38	38	1													33	33	1	31	31	1	32	32	1	32	32	1	-11		1	-1	-	
		0,7 AI	0	0	1														2	2	1	2	2	1	4	4	1	-24		1	1	1	1		
		0,3 AI	0	0	1														0	0	1	-5	-5	1	0	0	1			0	-	1			
		GCQ	13	13	2														15	15	2	14	14	2	16	16	2				11	-	2		
		MCQ	2	2	2														3	3	2	1	1	2	4	4	2				5	-	2		
		JUQ	-1	-1	2														1	1	2	0	0	2	1	1	2				2	-	2		
726KFBE ⁽³⁾	24 voies Voie supérieure $\Delta f = 44,5$ kHz (S/N) _c = 45 dB	MINIT	47	60	1			55	64	1								55	60	1	55	60	2	46	57	1	25	20	1	-	-	-			
		0,7 AI	3	12	1			4	14	1									6	14	1	12	18	1	2	5	1	-34		1	9	-	1		
		0,3 AI	0	-15	1			0	4	1									2	6	1	2	6	1	1	-3	1	-39		1	1	-	1		
		GCQ	24		2			25		2									29		2			29		2				31	-	2			
		MCQ	6		2			7		2									11		2			9		2				13	-	2			
		JUQ	2		2			2		2									5		2			4		2				4	-	2			

Notes relatives au Tableau 5-10:

- (1) *P_E*: probabilité d'erreur
 MINIT: seuil de brouillage minimal
 AI: indice de netteté
 GCQ: bonne qualité commerciale
 MCQ: qualité commerciale moyenne
 JUQ: qualité tout juste utilisable
 TASO: échelle de notation établie par la Television Allocation Study Organization
 UIT-R: échelle d'appréciation de la dégradation à 5 Notes (1-5) de la Commission d'études 11 des radiocommunications
 CO: utilisation de la même voie lorsque l'espacement en fréquence est nul
 OFF: espacement hors de la voie donné par Δf
 Δf : espacement en fréquence entre les signaux utiles et les signaux de brouillage.
- (2) Pour ce qui est de la radiodiffusion, voir d'autres rapports de protection. En raison de spécifications de modulation différentes, les chiffres du Tableau concernant le bruit indiqués pour les émissions A3E et J3E sont supérieurs de 2 dB aux valeurs indiquées dans la Recommandation UIT-R F.339*.
- (3) Liaison unique seulement; pour le faisceau hertzien de Terre à liaisons multiples en hyperfréquences, voir les Recommandations UIT-R de la série F.

NOTE 1 – OT/ECAC (Août 1975) Communications/Electronics Receiver Performance Degradation Handbook. The Frequency Management Support Division, Office of Telecommunications (OT), United States Department of Commerce (DOC) and the Electromagnetic Compatibility Analysis Center (ECAC), ESD-TR-75-013. (Ce manuel peut être obtenu à l'adresse suivante: US DOC National Technical Information Service (NTIS), Springfield, VA, Etats-Unis d'Amérique, préciser référence N° AD-A016400).

NOTE 2 – Valeur obtenue à partir des courbes de transfert utilisées dans le manuel indiqué sous la Note 1.

NOTE 3 – Valeur extrapolée à partir de la Recommandation UIT-R F.240*.

NOTE 4 – MAYHER, R. (1972) Interference Performance Degradation to Digital Systems. Record of the 1972 IEEE International EMC Symposium.

NOTE 5 – Valeur extrapolée à partir de la Recommandation 418-3 de l'ex-CCIR (Genève, 1982).

NOTE 6 – Valeur estimée conformément aux Recommandations UIT-R BT.500* et UIT-R BO.600*.

m_i: indice de modulation du signal brouilleur

PW: largeur de l'impulsion

FRI: fréquence de répétition des impulsions

BW: largeur de bande

m_s: indice de modulation du signal utile

* Recommandations 240, 339, 500 et 600 de l'ex-CCIR.

TABLEAU 5-11

**Références de rapports de protection (RP) d'autres Commissions
d'études des radiocommunications**

Recommandations ⁽¹⁾	Notes
UIT-R F.240	De nombreux RP tiennent compte des évanouissements
UIT-R M.589	RP radionavigation
UIT-R M.441	Service aéronautique mobile (R) (OACI Annexe 10)
UIT-R BS.638	RP audio RF/AF
UIT-R BS.560	RP radiodiffusion sonore B.km, B.hm et B.dam
UIT-R BS.641	RP radiodiffusion sonore à MF
UIT-R BS.412	RP radiodiffusion sonore à MF et en ondes métriques
UIT-R BT.655	RP pour la TV à MA
⁽¹⁾ Le lecteur voudra bien s'assurer qu'il est en possession de la dernière version de la Recommandation.	

5.7 Niveaux de bruit

Le fonctionnement d'un système de radiocommunication est perturbé par l'action du bruit externe: bruit atmosphérique, bruit galactique, bruit du ciel et bruit artificiel. La Recommandation UIT-R P.372 donne les valeurs du bruit externe minimal auquel on peut s'attendre aux emplacements de réception de Terre, provenant de sources naturelles ou de sources artificielles (à l'exclusion des signaux brouilleurs) dans la gamme des fréquences comprises entre 0,1 Hz et 100 GHz. Les Figures 5.7 et 5.8 montrent la variation du facteur de bruit externe, $F_a = 10 \log f_a$ pour plusieurs bandes de fréquences. Les autres bruits auxquels on peut être conduit à s'intéresser sont représentés par les courbes tiretées. Le facteur de bruit global du système, f , a pour expression:

$$f = f_a + (l_c - 1)(t_c/t_0) + l_c(l_t - 1)(t_c/t_0) + l_c l_t (f_r - 1) \quad (7)$$

où:

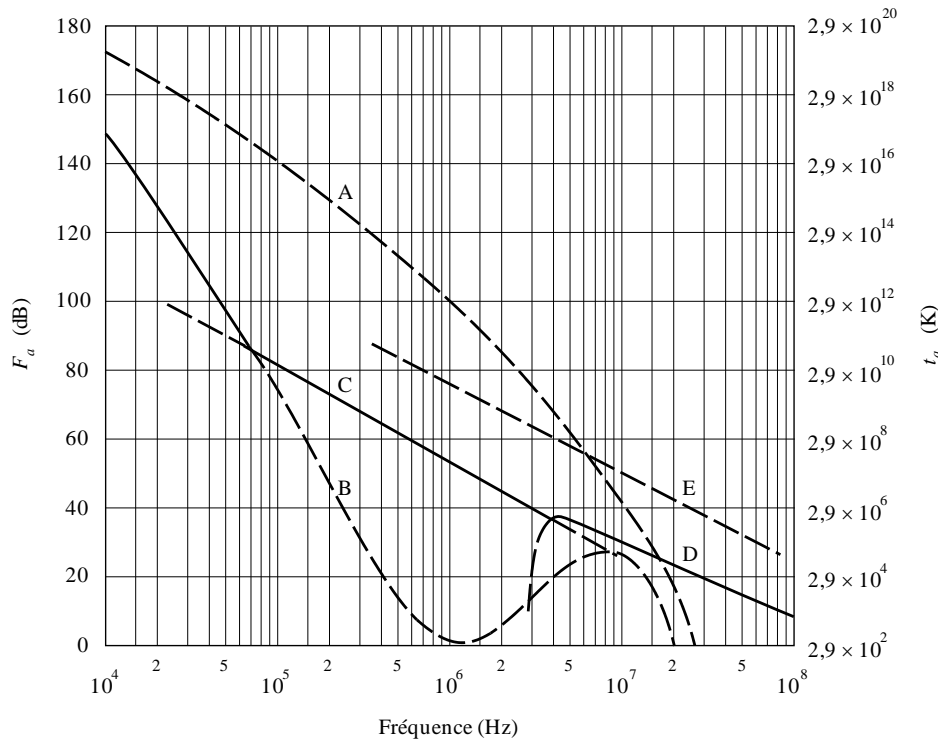
- f_a facteur de bruit externe
- f_r facteur de bruit du récepteur
- l_c pertes du circuit d'antenne
- l_t pertes de la ligne de transmission
- t_0 température de référence (288 K)
- t_c température réelle de l'antenne et du sol à proximité
- t_t température de la ligne de transmission.

On notera que les bruits externes sont, en grande partie, de nature impulsive. La qualité de fonctionnement dépend non seulement de la puissance du bruit brouilleur mais encore des caractéristiques statistiques détaillées de ce bruit.

Cette étude montre que les installations de génération et les stations de distribution de courant électrique peuvent être une source de brouillage importante pour les systèmes de radiocommunications et qu'il faut prévoir une maintenance préventive à intervalles réguliers pour réduire le brouillage causé par le bruit aux services des radiocommunications.

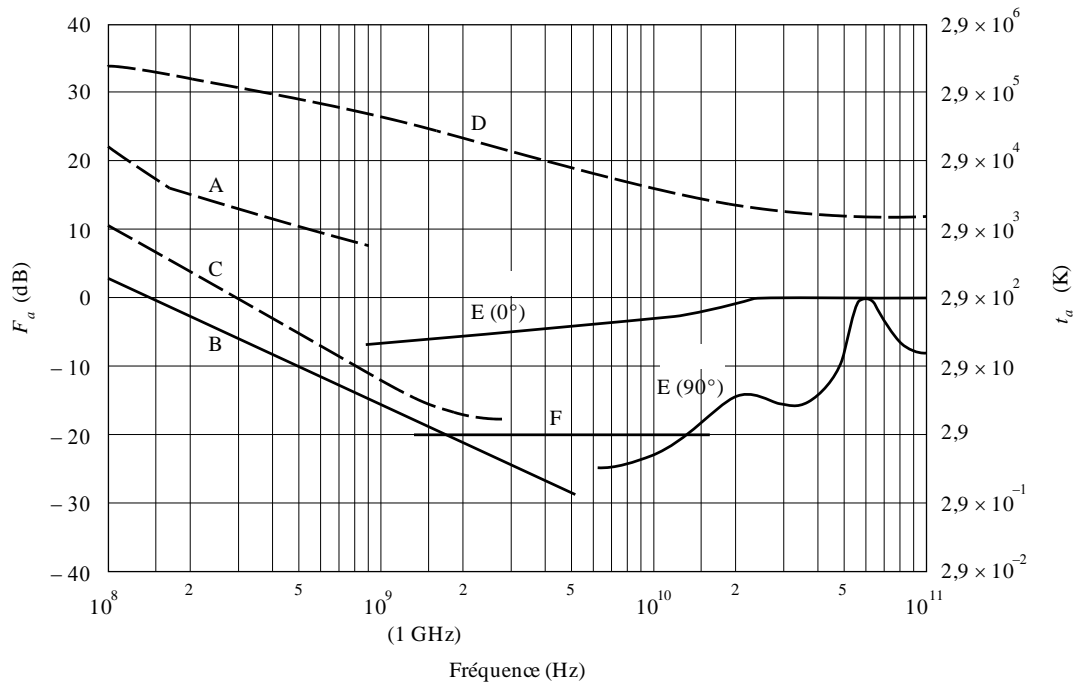
FIGURE 5.7

F_a en fonction de la fréquence (10^4 à 10^8 Hz)



- A: bruit atmosphérique, valeur dépassée pendant 0,5% du temps
- B: bruit atmosphérique, valeur dépassée pendant 99,5% du temps
- C: bruit artificiel, emplacement de réception calme
- D: bruit galactique
- E: valeur médiane du bruit artificiel dans une zone commerciale
- Niveau de bruit minimal attendu

FIGURE 5.8
 F_a en fonction de la fréquence (10^8 à 10^{11} Hz)



- A: Valeur médiane estimative du bruit artificiel dans une zone commerciale
 - B: Bruit galactique
 - C: Bruit galactique en direction du centre galactique avec ouverture de faisceau infiniment étroite
 - D: Soleil calme (ouverture du faisceau $\frac{1}{2}^\circ$ degré orienté vers le Soleil)
 - E: Bruit du ciel dû à l'oxygène et à la vapeur d'eau (antenne à faisceau très étroit): courbe supérieure, angle d'élévation 0° ; courbe inférieure, angle d'élévation 90°
 - F: Corps noir (fond cosmique, 2.7 K)
- Niveau de bruit minimal attendu

Nat.Spec.Man-5.08

5.8 Limites de rayonnement

5.8.1 Limites du CISPR

On trouvera ici des indications sur les limites du rayonnement provenant d'équipements autres que les équipements de télécommunication, qui produisent ou utilisent de l'énergie RF, par exemple les systèmes d'ordinateurs et les systèmes d'alimentation électrique à grande puissance. Cette catégorie comprend les applications ISM (appareils industriels, scientifiques et médicaux), dans lesquelles l'énergie RF sert à fournir de la chaleur pour agir sur les tissus de l'organisme humain, pour traiter des matériaux ou pour fabriquer des produits.

Les fréquences utilisées actuellement pour les appareils ISM et d'autres applications, différentes des télécommunications, s'étendent sur une très grande partie du spectre. Les organismes de normalisation dont la compétence en cette matière est reconnue à l'échelle internationale sont le CISPR (Comité international spécial des perturbations radioélectriques) et le Comité technique 77 de la Commission électrotechnique internationale (CEI) avec ses Sous-Comités 77A et 77B. Parmi les divers organismes nationaux de normalisation dans ce domaine, citons le CENELEC européen et la FCC des Etats-Unis d'Amérique (Partie 18, CFR Vol. 1).

On procède à des mesures et à des évaluations statistiques pour déterminer les limites du champ RF, afin d'en déduire les caractéristiques de la propagation et les brouillages possibles. Les limites proposées par le CISPR sont présentées dans les Tableaux 5-9 et 5-10. Les appareils sont répartis en deux groupes, chaque groupe étant subdivisé en deux classes.

Le *Groupe 1* contient tous les équipements ISM dans lesquels l'énergie RF est produite intentionnellement et/ou utilisée en énergie RF avec couplage conductif qui est nécessaire au fonctionnement interne des équipements proprement dits.

Le *Groupe 2* contient tous les équipements ISM dans lesquels l'énergie RF est produite intentionnellement et/ou utilisée sous la forme de rayonnement électromagnétique pour le traitement de matériaux, ainsi que les équipements à étincelle.

Les équipements de Classe B sont des équipements qui peuvent être utilisés dans des locaux domestiques et dans des locaux directement reliés à un réseau d'alimentation en énergie électrique à faible tension qui dessert des bâtiments à usage domestique.

Les équipements de Classe A sont des équipements qui peuvent être utilisés dans tous les locaux autres que domestiques et autres que ceux qui sont directement reliés à un réseau d'alimentation en énergie électrique à faible tension desservant des bâtiments à usage domestique.

La détermination de limites de rayonnement satisfaisantes pour les appareils ISM est compliquée par les divergences entre les politiques nationales appliquées en la matière. Par exemple, certaines politiques sont fondées sur les conditions géographiques ou la densité démographique; telle administration applique des règles strictes, telle autre assouplit les limites au bénéfice des constructeurs de matériel; certaines administrations fixent des limites qui sont valables pour tous les utilisateurs, alors que d'autres appliquent des normes uniquement lorsque des brouillages sont présents. Il y a des administrations qui adoptent les limites du CISPR et d'autres continuent à appliquer les limites qu'elles ont fixées elles-mêmes. Les limites des émissions figurant dans la Recommandation UIT-R SM.1056 font référence aux limites indiquées dans la Publication 11 du CISPR et les modèles de brouillage du CISPR présentés dans le Rapport UIT-R SM.2180 peuvent être utilisés pour évaluer la compatibilité entre les équipements ISM et les systèmes de radiocommunication.

Dans certaines bandes de fréquences, malgré les niveaux de rayonnement relativement élevés, le nombre des plaintes vérifiées concernant des brouillages causés par des appareils ISM est faible dans tous les pays, non seulement en termes absolus mais aussi en regard du nombre total des installations ISM. Les principales sources de brouillage provenant de ces installations sont, d'un côté, les harmoniques des fréquences désignées pour les appareils ISM, d'un autre côté les appareils ISM qui fonctionnent en dehors de la bande désignée pour ces appareils, par exemple ceux qui fonctionnent au voisinage des fréquences de détresse. Les études doivent cependant être poursuivies, pour deux raisons: d'une part, il n'est pas possible d'identifier la source du brouillage dans certains cas et, d'autre part, certains utilisateurs victimes du brouillage ne déposent pas de plainte.

5.8.2 Effets sur la santé d'une exposition aux champs électromagnétiques

Un nombre important de recherches ont été effectuées, sur plusieurs années, en vue de déterminer l'influence sur le corps humain d'une exposition aux champs électromagnétiques. Les effets immédiats d'une exposition à court terme sont connus et des limites appropriées ont été fixées, par exemple, pour protéger les travailleurs. En revanche, les effets à long terme sont moins connus et font actuellement l'objet de recherches. La Recommandation UIT-T K.52 qui donne des lignes directrices pour respecter les limites d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques et la Recommandation UIT-T K.70 relative aux techniques de limitation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques au voisinage de stations de radiocommunication sont étroitement liées à l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques.

Normes de sécurité: Pour veiller à ce que l'exposition du corps humain aux champs électromagnétiques n'ait pas de conséquences graves sur la santé et que les dispositifs générateurs de champs électromagnétiques construits par l'homme soient sûrs, un certain nombre de lignes directrices et de normes sont adoptées à l'échelle internationale. Pour élaborer ces normes, il est tenu compte de l'ensemble des points de vue exprimés dans tous les ouvrages scientifiques par des groupes de spécialistes qui cherchent à démontrer les effets répétés qui ont des conséquences défavorables sur la santé. Ces groupes recommandent alors des lignes directrices qui sont suivies de normes élaborées par les organismes nationaux ou internationaux compétents.

La Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) est une organisation non gouvernementale, reconnue officiellement par l'OMS pour promouvoir la protection contre les rayonnements non ionisants (RNI). Cette Commission a élaboré des lignes directrices internationales sur

les limites de l'exposition du corps humain à tous les champs électromagnétiques, y compris les rayonnements ultraviolets, les rayonnements de la lumière visible et des infrarouges ainsi que les champs RF et les micro-ondes.

Pour tout renseignement supplémentaire, prière de s'adresser à l'Organisation mondiale de la santé (OMS), consulter son site web: www.who.int/.

5.9 Ingénierie des sites

Le développement des services de radiocommunication a eu pour conséquence une augmentation du nombre des sites radioélectriques et du nombre des utilisateurs rattachés aux installations implantées sur ces sites. Les systèmes radioélectriques doivent être conçus avec le souci de l'efficacité et doivent fonctionner en causant le minimum de brouillage à d'autres systèmes. Il pourra aussi être nécessaire de démontrer l'utilisation optimale d'une installation projetée, afin de satisfaire aux exigences d'ordre esthétique des ouvrages de radiocommunication et de répondre aux préoccupations de la communauté concernée pour ce qui est de l'environnement. L'ETSI, dans ses publications spécialisées, donne des orientations destinées aux ingénieurs qui ont à s'occuper de la conception, spécification, installation, exploitation et maintenance des systèmes radioélectriques. Ces textes se rapportent particulièrement aux systèmes du service mobile qui fonctionnent dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques.

5.9.1 Ingénierie des sites en cas de coïmplantation

Lorsque des émetteurs sont placés très près les uns des autres, il en résulte plusieurs non-linéarités des émetteurs qui peuvent exercer une influence non négligeable du fait des brouillages causés à l'équipement de réception. Les problèmes de brouillage dans un même emplacement sont très divers: depuis certains problèmes mineurs jusqu'à une perturbation grave du système.

On distingue trois types principaux de brouillage:

- les brouillages radioélectriques (RFI);
- les perturbations électromagnétiques (EMI);
- les brouillages par intermodulation (Intermod).

Le brouillage RFI est causé par d'autres dispositifs RF, c'est-à-dire les émetteurs de radio et de télévision, etc., qui, en fonctionnant, génèrent une énergie sous la forme de fréquences radioélectriques. Les brouillages EMI sont causés par des ordinateurs, des équipements numériques, des équipements électriques, des systèmes d'éclairage, des équipements médicaux (diathermie), etc. L'intermodulation est un type de brouillage qui se produit en raison des oscillations internes causées dans l'équipement radioélectrique par une source interne ou externe. Lorsque plusieurs systèmes de communication sont situés au même emplacement, la possibilité de brouillage par intermodulation augmente considérablement.

Pour remédier à ce problème, il convient d'améliorer:

- la gestion active des emplacements;
- les registres détaillés de bases de données des équipements installés sur le même site et des paramètres spéciaux de brouillage;
- la capacité d'analyse des brouillages sur le même site.

Si l'on veut recevoir dans des conditions satisfaisantes le signal radioélectrique souhaité dans le récepteur fixe, il convient que l'environnement RF du site soit le meilleur possible.

Pour ce faire, il faut minimiser le niveau d'énergie non désirable relevé sur la fréquence reçue. Dans la plupart des cas, en minimisant le niveau d'énergie non désirable émis par les émetteurs locaux et en filtrant les signaux non désirables entrant dans le récepteur, on élimine les brouillages reçus dans l'environnement du récepteur. Il est fort probable que les brouillages constitueront un problème dans les emplacements qui comportent plusieurs antennes. Si les mesures ont été prises et que le récepteur continue de capter du bruit, il faut alors identifier et éliminer les sources de brouillage dans le milieu environnant.

On trouvera ci-après une liste des problèmes courants rencontrés ainsi que des solutions généralement proposées:

- la rouille – tous les matériaux doivent être exempts de rouille (pour empêcher l'apparition d'un phénomène de non-linéarité);
- il ne faut pas utiliser de fils tressés qui peuvent se corroder et provoquer des signaux d'intermodulation;
- les connexions entre différents métaux doivent être composées d'éléments rigides;
- tout métal isolé doit être supprimé du site;
- le matériau de clôture de type «chaîne» doit être recouvert de vinyle;
- la connexion de métaux différents doit être faite après consultation de la série galvanique applicable à chaque métal; les connexions doivent être rigides et étanches;
- les lignes de transmission non gainées doivent être évitées;
- il convient de ne pas utiliser d'attaches de câbles métalliques nues;
- les isolants fissurés de ligne d'énergie (en verre) constitueront très vraisemblablement une source de bruit à large bande;
- veiller à ce que toutes les antennes d'émission directives soient pointées vers les antennes de réception ou loin de celles-ci afin d'éviter un «grillage» possible et maintenir, pour cette même raison, un espacement de 20 m;
- autre élément à prendre en considération: l'emplacement des antennes et leur espacement. Il arrive souvent que les critères de conception des antennes qui prévoient un espacement minimal soient négligés de sorte que les tours ou les toits peuvent être encombrés d'antennes supplémentaires. Il convient de revoir les normes applicables à la capacité de chargement des tours et des toits et de les appliquer lorsqu'il y a lieu;
- les normes applicables à l'équipement doivent être respectées dans toutes les installations des sites si l'on veut minimiser les problèmes de brouillage.

S'il est vrai qu'il est difficile de garantir un fonctionnement exempt de brouillage, lorsque toutes les normes sont respectées et que le site bénéficie d'une bonne gestion, les risques de problèmes seront réduits et le temps nécessaire à la résolution des cas de brouillage sera minime.

Un modèle d'analyse sur un seul et même site (COSAM, *co-site analysis model*) permet d'évaluer les brouillages mutuels sur un seul et même site où sont implantés un grand nombre d'émetteurs et de récepteurs. Le Rapport UIT-R M.2244 couvre les calculs de l'isolement d'antenne horizontal, vertical et oblique entre deux antennes afin de concevoir la configuration d'antenne pour des stations de base IMT du service mobile terrestre implantées sur le même site.

5.9.2 Exemple d'infrastructure partagée: les réseaux cellulaires 3G

L'infrastructure des réseaux 3G se compose de quatre parties principales:

- les sites pour l'installation de l'équipement radioélectrique, dont l'équipement passif requis (bâtiments, alimentation en énergie, mâts, etc.);
- les antennes;
- l'équipement d'accès radioélectrique, les stations de base;
- l'équipement du réseau central.

On peut également recourir au partage de l'infrastructure pour réduire les investissements initiaux requis par les opérateurs de réseau 3G, pour couvrir les zones critiques (tunnels, sites classés) et pour permettre la couverture efficace de zones rurales ou à faible densité. Cette solution permet de s'orienter vers l'adoption de réseaux séparés afin de répondre à l'augmentation des besoins en termes de capacité et de qualité. De telles dispositions sont envisagées en Allemagne, en Suède et au Royaume-Uni. Il n'incombe généralement pas aux organismes de réglementation de spécifier cette fonction en détail mais il leur appartient d'en fixer les principes.

Résultats de l'analyse des différentes possibilités envisagées de partage de l'infrastructure:

- Les solutions disponibles (niveaux de partage) contribuent à l'objectif de la réduction initiale des investissements et de l'optimisation de la couverture à mesure que les réseaux 3G sont mis en œuvre. Elles sont disponibles sur le plan technique, dans le cadre des normes internationales (IMT).
- Ces solutions permettent d'envisager le recours à des réseaux distincts, dans les phases ultérieures du déploiement, pour répondre aux nouveaux besoins en matière de trafic et de services.
- Ces solutions ne portent que sur les différents éléments de l'infrastructure, la conception et la gestion opérationnelle des réseaux mais n'ont pas de répercussions particulières sur les terminaux d'utilisateur.
- S'agissant de l'adaptation du niveau de partage: le partage des éléments de l'infrastructure exige la coordination ainsi que la coopération entre les opérateurs concernés. En plus de l'existence d'un cadre réglementaire approprié, le partage nécessite une coopération efficace entre les opérateurs.
- Une coordination très détaillée est nécessaire entre les opérateurs concernés.
- Toutes les solutions de partage ont, à des degrés divers, des répercussions sur la mise en œuvre du réseau et sur les fonctions opérationnelles, en particulier:
 - la synchronisation des opérations de contrôle et de maintenance;
 - la capacité de répondre aux demandes de chaque opérateur, de satisfaire aux normes de qualité technique et de qualité de service qui sont indispensables à la mise en place d'un cadre de partage;
 - l'affectation des ressources disponibles dans un cadre concurrentiel.
- On peut tabler sur une mise en œuvre au cas par cas des IMT avec différents niveaux de partage des réseaux selon les zones desservies.

La solution la plus efficace est celle qui permet, en fonction de l'environnement et des circonstances, d'obtenir les effets économiques souhaités tout en préservant les bandes de fréquences attribuées aux opérateurs de ces services. Par conséquent, la politique de partage devrait tenir compte de la situation nationale tout en faisant preuve de souplesse en prévoyant des solutions pouvant être appliquées au cas par cas. Le partage de l'infrastructure dépend de la situation de la réglementation.

Références bibliographiques

- BEM D.J. [novembre 1979] Propagation aspects in the planning of radiocommunication services. *Telecom. J.*, Vol. 46, **XI**, p. 680 à 688.
- CHAN G.K. [novembre 1991] Propagation and Coverage Prediction for Cellular Radio Systems. *IEEE Trans. Vehic. Techn.*, Vol. 40, **4**.
- ETSI [1991] Radio site engineering for radio equipment and systems in the mobile service. Version 0.0.7, Institut européen des normes de télécommunication, Valbonne Cedex, France.
- HATCH W., HINKLE R. et MAYHER R. [1971] Modelling of pulse interference in amplitude modulated receivers, IEEE International Electromagnetic Compatibility Symposium Record, Philadelphie, PA, Etats-Unis d'Amérique.
- PALMER F.H. [1981] The Communication Research Center VHF/UHF Propagation Prediction Program: An Overview. *Can. Electron. Eng. J.*, Vol. 6, **4**.

Bibliographie

BERNOSKUNI YU.V., BYKHOVSKY M.A., PLEKHANOV V.V. et TIMOFEEV V.V. [1984] Effektivny method podavleniya impulsnykh pomvkh v troposfernykh sistemah svyazi (Méthode efficace de suppression des brouillages pulsés dans les systèmes de communications transhorizon). *Elektrosviaz*, 9, p. 11 à 14.

Textes de l'UIT-R

Manuel UIT-R	L'ionosphère et ses effets sur la propagation des ondes radioélectriques (1997)
Manuel UIT-R	Propagation des ondes radioélectriques dans le service mobile terrestre de Terre, dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques (2002)
Manuel UIT-R	Données de propagation des ondes radioélectriques pour la prévision des communications sur les trajets Terre-Espace (Genève, 1996)
Rec. 66 (Rév.CMR-2000)	Etudes relatives aux niveaux maximaux tolérés des rayonnements non désirés
Rec. UIT-R BS.412	Normes de planification pour la radiodiffusion sonore par voie hertzienne de Terre à modulation de fréquence en ondes métriques
Rec. UIT-R BS.559	Mesure objective des rapports de protection RF en radiodiffusion (B.km, B.hm et B.dam)
Rec. UIT-R BS.560	Rapports de protection en radiofréquence pour la radiodiffusion en ondes kilométriques, hectométriques et décamétriques
Rec. UIT-R BS.638	Termes et définitions utilisés dans la planification des fréquences pour la radiodiffusion sonore et télévisuelle
Rec. UIT-R BS.641	Détermination des rapports de protection RF en radiodiffusion sonore à modulation de fréquence
Rec. UIT-R BT.417	Valeurs minimales du champ pour lesquelles on peut être amené à prévoir une protection lorsqu'on établit les plans d'un service de télévision analogique de Terre
Rec. UIT-R BT.500	Méthodologie d'évaluation subjective de la qualité des images de télévision
Rec. UIT-R BT.655	Rapports de protection radiofréquence pour les systèmes de télévision de Terre à modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle brouillés par des signaux image analogiques et leurs signaux sont associés
Rec. UIT-R BT.656	Interfaces pour les signaux vidéo numériques en composantes dans les systèmes de télévision à 525 lignes et à 625 lignes fonctionnant au niveau 4:2:2 de la Recommandation UIT-R BT.601 (Partie A)
Rec. UIT-R BT 2033	Critères de planification, y compris les rapports de protection, des systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre de deuxième génération dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques
Rec. UIT-R F.240	Rapport de protection signal/brouillage pour diverses classes d'émission dans le service fixe sur les fréquences inférieures à 30 MHz environ
Rec UIT-R F 1670	Protection des systèmes hertziens fixes vis-à-vis des systèmes de radiodiffusion vidéo numérique et sonore de Terre dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques utilisées en partage
Rec. UIT-R M.441	Rapports de protection signal/brouillage et valeurs de champ minimales nécessaires dans le service mobile aéronautique (R) au-dessus de 30 MHz

Rec. UIT-R M.589	Caractéristiques techniques des méthodes de transmission de données et de protection contre les brouillages pour les services de radionavigation fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 70 et 130 kHz
Rec. UIT-R M.1767	Protection des systèmes mobiles terrestres vis-à-vis des systèmes de radiodiffusion vidéo et audio numériques de Terre dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques utilisées en partage à titre primaire
Rec. UIT-R P.368	Courbes de propagation de l'onde de sol entre 10 kHz et 30 MHz
Rec. UIT-R P.372	Bruit radioélectrique
Rec. UIT-R P.452	Méthode de prévision pour évaluer les brouillages hyperfréquences entre stations situées à la surface de la Terre à des fréquences supérieures à 0,7 GHz environ
Rec. UIT-R P.453	Indice de réfraction radioélectrique: formules et données de réfractivité
Rec. UIT-R P.525	Calcul de la propagation en espace libre
Rec. UIT-R P.526	Propagation par diffraction
Rec. UIT-R P.530	Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre
Rec. UIT-R P.531	Données de propagation ionosphérique et méthodes de prévision requises pour la conception de services et de systèmes à satellites
Rec. UIT-R P.533	Méthode de prévision de la qualité de fonctionnement des circuits en ondes décimétriques
Rec. UIT-R P.534	Méthode de calcul du champ en présence d'ionisation sporadique de la région E
Rec. UIT-R P.581	Notion de «mois le plus défavorable»
Rec. UIT-R P.618	Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication Terre-espace
Rec. UIT-R P.679	Données de propagation nécessaires pour la conception des systèmes de radiodiffusion par satellite
Rec. UIT-R P.680	Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication mobiles maritimes Terre-espace
Rec. UIT-R P.681	Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication mobiles terrestres Terre-espace
Rec. UIT-R P.682	Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication aéronautiques mobiles Terre-espace
Rec. UIT-R P.832	Atlas mondial de la conductivité du sol
Rec. UIT-R P.834	Effets de la réfraction troposphérique sur la propagation des ondes radioélectriques
Rec. UIT-R P.836	Vapeur d'eau: concentration à la surface de la Terre et contenu total d'une colonne d'air
Rec. UIT-R P.837	Caractéristiques des précipitations pour la modélisation de la propagation
Rec. UIT-R P.838	Modèle d'affaiblissement linéique dû à la pluie destiné aux méthodes de prévision
Rec. UIT-R P.841	Conversion des statistiques annuelles en statistiques pour le mois le plus défavorable
Rec. UIT-R P.1147	Prévision du champ de l'onde ionosphérique pour les fréquences comprises entre 150 et 1 700 kHz environ
Rec. UIT-R P.1239	Caractéristiques ionosphériques de référence de l'UIT-R

Rec. UIT-R P.1240	Méthodes de prévision des MUF de référence et d'exploitation et du trajet des rayons de l'UIT-R
Rec. UIT-R P.1546	Méthode de prévision de la propagation point à zone pour les services de Terre entre 30 et 3 000 MHz
Rec. UIT-R P.1812	Méthode de prévision de la propagation fondée sur le trajet pour les services de Terre point à zone dans les bandes des ondes métriques et décimétriques
Rec. UIT-R RA.1031	Protection du service de radioastronomie dans les bandes de fréquences utilisées en partage avec d'autres services
Rec. UIT-R RA.611	Protection du service de radioastronomie contre les rayonnements non essentiels
Rec. UIT-R SM.326	Détermination et mesure de la puissance des émetteurs radioélectriques à modulation d'amplitude
Rec. UIT-R SM.328	Spectres et largeurs de bande des émissions
Rec. UIT-R SM.329	Rayonnements non désirés dans le domaine des rayonnements non essentiels
Rec. UIT-R SM.331	Bruit de fond et sensibilité des récepteurs
Rec. UIT-R SM.332	Sélectivité des récepteurs
Rec. UIT-R SM.337	Séparations en fréquence et en distance
Rec. UIT-R SM.851	Partage entre le service de radiodiffusion et les services fixe et/ou mobile dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques
Rec. UIT-R SM.852	Sensibilité des récepteurs pour les émissions de la classe F3E
Rec. UIT-R SM.853	Largeur de bande nécessaire
Rec. UIT-R SM.1009	Compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz
Rec. UIT-R SM.1045	Tolérance en fréquence des émetteurs
Rec. UIT-R SM.1055	L'utilisation des techniques d'étalement du spectre
Rec. UIT-R SM.1056	Limitation de rayonnements provenant des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM)
Rec. UIT-R SM.1132	Principes généraux et méthodes de partage des fréquences entre services de radiocommunication ou entre stations radioélectriques
Rec. UIT-R SM.1134	Calculs des brouillages d'intermodulation dans le service mobile terrestre
Rec. UIT-R SM.1138	Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions
Rec. UIT-R SM.1140	Procédures d'essai pour la mesure des caractéristiques des récepteurs du service de radionavigation aéronautique servant à déterminer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande des 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-118 MHz
Rec. UIT-R SM.1235	Qualité de fonctionnement des systèmes à modulation numérique en présence de brouillage
Rec. UIT-R SM.1446	Définition et mesure des produits d'intermodulation dans un émetteur utilisant des techniques de modulation de fréquence, de phase ou d'autres techniques de modulation complexes
Rec. UIT-R SM.1448	Détermination de la zone de coordination autour d'une station terrienne fonctionnant dans des bandes de fréquences comprises entre 100 MHz et 105 GHz

Rec. UIT-R SM.1535	Protection des services de sécurité vis-à-vis des rayonnements non désirés
Rec. UIT-R SM.1539	Variation de la frontière entre le domaine des émissions hors bande et le domaine des rayonnements non essentiels dont il faut tenir compte dans l'application des Recommandations UIT-R SM.1541 et UIT-R SM.329
Rec. UIT-R SM.1540	Rayonnements non désirés du domaine des émissions hors bande tombant dans les bandes adjacentes attribuées
Rec. UIT-R SM.1541	Rayonnements non désirés dans le domaine des émissions hors bande
Rec. UIT-R SM.1542	Protection des services passifs contre les rayonnements non désirés
Rec. UIT-R SM.1633	Analyse de compatibilité entre un service passif et un service actif ayant des attributions dans des bandes adjacentes et voisines
Rap. UIT-R M.2244	Isolation entre les antennes des stations de base IMT du service mobile terrestre
Rap. UIT-R SM.2021	Produits d'intermodulation dans l'émetteur: causes du phénomène et techniques de réduction
Rap. UIT-R SM.2022	Effets sur les systèmes de télécommunication numériques des brouillages produits par d'autres systèmes de modulation
Rap. UIT-R SM.2028	Méthode de simulation de Monte Carlo pour l'utilisation en partage et les études de compatibilité entre différents services ou systèmes radioélectriques
Rap. UIT-R SM.2022	Paramètres techniques et de fonctionnement des dispositifs de radiocommunication à courte portée et fréquences utilisées
Rap. UIT-R SM.2180	Incidence des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) sur les services de radiocommunication
Textes de l'UIT-T	
Rec. UIT-T K.52	Lignes directrices relatives aux valeurs limites d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques
Rec. UIT-T K.70	Techniques de limitation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques au voisinage de stations de radiocommunication
Rec. UIT-T K.91	Guide d'évaluation et de surveillance de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques radioélectriques

CHAPITRE 6

Aspects économiques de la gestion du spectre**Table des matières**

	<i>Page</i>
6.1	Introduction..... 187
6.2	Mécanismes classiques de financement de la gestion du spectre..... 187
6.2.1	Financement par le budget national..... 188
6.2.2	Redevances perçues pour la concession et l'utilisation du spectre 188
6.2.3	Autres impositions..... 190
6.2.4	Autres méthodes de financement des activités de gestion du spectre 191
6.3	Méthodes de concession du spectre 192
6.3.1	Option «premier arrivé, premier servi» 192
6.3.2	Sélection comparative 192
6.3.3	Enchères 193
6.3.4	Assignation aléatoire 196
6.4	Tarification du spectre 197
6.4.1	Taxes d'utilisation du spectre incitatives 197
6.5	Droits d'utilisation du spectre..... 200
6.5.1	Comment définir les droits d'utilisation du spectre 201
6.5.2	Rôle d'une administration dans la définition des droits d'utilisation du spectre..... 202
6.5.3	Durée de la licence 202
6.5.4	Droits d'utilisation du spectre transférables..... 202
6.5.5	Marché secondaire..... 203
6.5.6	Comment gérer la transition dans le financement de la gestion du spectre..... 204
6.5.7	Coût du redéploiement du spectre (méthode de gestion du spectre) 204
	ANNEXE 1 – Une application de la tarification du spectre (Nouvelle-Zélande)..... 205
	ANNEXE 2 – Coût du redéploiement du spectre (France) 206
1	Intérêts qui motivent la décision de redéployer le spectre 206
2	Coût du redéploiement..... 206
3	Calcul du coût de redéploiement à l'aide de la valeur comptable résiduelle..... 207
3.1	Evaluation du coût encouru par l'utilisateur en abandonnant la bande de fréquences 207
3.2	Valeur comptable résiduelle V_{cr} 207

	Page
3.3	Coût de renouvellement 207
3.4	Calcul du coût de redéploiement..... 207
4	Calcul du coût de redéploiement à l'aide de la valeur économique résiduelle 208
5	Fonds de redéploiement et procédures de redéploiement 209
5.1	Fonds de redéploiement 209
5.2	Procédures de redéploiement 209
ANNEXE 3 – Exemple d'enchères de spectre (République de Corée) 211	
1	Introduction..... 211
2	Historique..... 211
3	Méthode des enchères 211
4	Déroulement et résultats de la mise aux enchères du spectre 212
5	Conclusion 212
Bibliographie 213	

6.1 Introduction

Le présent Chapitre traite des questions relatives au financement d'un programme de gestion du spectre. Il donne des informations sur l'utilisation de nouveaux outils, sur la base des aspects économiques de la question du spectre, pour régler des problèmes qui ont surgi dans un certain nombre d'administrations, essentiellement dans les pays développés, en raison de l'accroissement de la demande de spectre par suite de la libéralisation des télécommunications. Cet accroissement crée, dans le domaine de l'attribution des fréquences, des problèmes qu'il a été difficile, pour bon nombre d'administrations, de résoudre à l'aide des outils classiques de gestion du spectre et qui, à leur tour, ont suscité un intérêt pour la mise au point et l'utilisation de nouveaux outils fondés sur les aspects économiques du spectre. Le présent chapitre présente un certain nombre d'idées qui sont examinées dans le Rapport UIT-R SM.2012 – Aspects économiques de la gestion du spectre; afin d'éviter d'étudier la théorie énoncée dans le Rapport hors de son contexte, le texte ci-après est centré sur les divers types de taxes et mécanismes de tarification du spectre. Pour une analyse détaillée des aspects économiques du spectre, il convient de se reporter au rapport susmentionné.

Le Tableau 6-2 donne un rapide aperçu des paragraphes où est traitée la question des taxes.

En outre, la Commission d'études 2 de l'UIT-D a traité la Question 21/2 «Calcul des droits perçus pour l'utilisation des fréquences» et finalisé ses travaux sur les points suivants:

- Analyse des diverses méthodes, formules et solutions actuellement appliquées par différents pays pour calculer les droits perçus pour l'utilisation des fréquences et de l'étude comparative indiquant clairement:
 - les solutions et les principes relatifs au calcul des redevances perçues pour l'utilisation des fréquences;
 - les justifications et les motivations à l'appui de chaque solution;
 - comment chaque solution encourage la gestion du spectre et, par conséquent, son efficacité; et
 - les avantages et les inconvénients de chaque solution (considérations socio-économiques, techniques et autres).
- Facteurs fondamentaux à prendre en compte lors de l'élaboration de nouvelles formules ou de la révision de formules existantes.
- Comment assurer une certaine cohérence et complémentarité entre les différents processus de réaménagement du spectre et l'optimisation économique de l'utilisation de fréquences.

Les résultats de ces travaux peuvent être consultés sur le site web de la Commission d'études 2 de l'UIT-D.

6.2 Mécanismes classiques de financement de la gestion du spectre

Comme indiqué dans les autres chapitres du présent Manuel, la gestion du spectre radioélectrique comporte de nombreuses activités différentes et la mesure dans laquelle toute activité est menée dépend des prescriptions de chaque administration, ainsi que du niveau de ressources disponibles, ce qui demande la création de mécanismes de financement. S'il existe un certain nombre de mécanismes de financement (voir ci-après), ils doivent toujours être fondés sur une loi nationale adéquate et, pour nombre d'administrations, ils reposent souvent sur:

- un financement par le budget national;
- des taxes établies;
- des appels d'offres concernant le spectre.

A un certain stade de la création d'un organisme chargé de la gestion du spectre, la plupart des administrations ont eu recours à une ou plusieurs de ces méthodes pour financer toutes les fonctions de gestion du spectre.

D'autres exemples de modèles de financement sont présentés dans le Rapport 53 de la CEE «Imputation des coûts et systèmes comptables utilisés pour financer la gestion des radiocommunications dans les pays de la CEPT». Ce rapport peut être téléchargé à l'adresse: <http://www.cept.org/ecc> sous Produits/Rapports.

6.2.1 Financement par le budget national

C'est probablement la première méthode de financement de la gestion du spectre que doivent appliquer toutes les administrations. Dans ce système, une partie du budget annuel de l'Etat est attribuée au financement de la gestion du spectre et les concessionnaires ne sont soumis à aucune taxe. Le niveau de financement fourni dépendra des priorités des autorités nationales et de leurs ressources fiscales totales. Lorsque l'on met en place une gestion du spectre dans un pays, le financement public est probablement la méthode la plus facile à utiliser. Cela étant, à mesure que l'utilisation du spectre s'intensifie, les demandes en matière de gestion du spectre s'accroissent également, avec en conséquence une augmentation des frais connexes et, en fin de compte, l'obligation pour les administrations de recouvrer une partie ou la totalité des frais auprès des concessionnaires.

6.2.2 Redevances perçues pour la concession et l'utilisation du spectre

Si le recours au financement par le budget national est simple sur le plan administratif, il est plus équitable de faire payer aux utilisateurs du spectre un droit de dépôt de demande pour l'attribution d'une licence, sinon tous les contribuables paieraient pour la gestion du spectre même s'ils ne retirent aucun avantage de l'utilisation du spectre radioélectrique¹. De ce fait, dans bon nombre d'administrations, le coût d'une gestion adéquate du spectre s'est traduit par l'introduction d'une taxe unique pour l'octroi d'une licence qui attribue le droit d'utiliser une fréquence donnée. La taxe peut être appliquée à une partie ou à l'ensemble des utilisateurs du spectre. Les deux taxes les plus courantes d'utilisation du spectre sont la taxe pour une utilisation unique et la taxe pour une utilisation régulière:

- taxe simple;
- taxe basée sur le recouvrement des coûts.

Dans la pratique, une taxe simple pourrait être considérée comme une variante de la taxe basée sur le recouvrement car l'administration fixe le prix à payer par le concessionnaire, mais une distinction doit être faite vu que sa structure et son fonctionnement dépendent fortement des prescriptions législatives et constitutionnelles nationales. Nombre de pays financent leurs programmes de gestion du spectre en partie ou en totalité au moyen de taxes et beaucoup ont également recours à une forme quelconque de système de recouvrement des coûts.

On trouvera sur le site web de la CE 2 de l'UIT-D² des exemples d'application des taxes d'utilisation des fréquences dans de nombreux pays.

Un inconvénient des taxes administratives est que les montants appliqués ne reflètent pas, en général, la valeur du spectre et, en conséquence, peuvent donner aux titulaires de licences de faux encouragements en ce qui concerne la quantité de spectre qu'ils souhaitent acquérir ou utiliser.

6.2.2.1 Taxe simple

Dans le cas d'une taxe simple, l'administration fixe un prix pour une licence et celui-ci peut être fondé sur un droit forfaitaire pour toutes les licences ou peut varier selon des critères particuliers. Une taxe forfaitaire fixée au même niveau pour toutes les licences est facile à utiliser et à gérer, mais elle ne fait pas de distinction entre les utilisateurs, les petits utilisateurs pouvant par conséquent être soumis à la même taxe que les gros utilisateurs. Cela peut être perçu par certains groupes d'utilisateurs comme arbitraire et peut mettre à mal la confiance dans le système.

Il peut être plus équitable de faire varier la taxe selon des critères spécifiques tels que la quantité de spectre occupée, la bande de fréquences utilisée ou la zone géographique couverte.

Il est recommandé que ces taxes soient définies d'une manière ouverte et transparente. Cela correspond en partie à la définition d'une taxe administrative, qui est assujettie à un cadre juridique strict (voir l'explication

¹ Par ailleurs, on peut dire que dans son ensemble, l'économie tire profit de l'utilisation des radiocommunications. Des études sur l'incidence économique réalisées au Royaume-Uni ont démontré que l'utilisation des radiocommunications (effets directs et indirects) produisait 2% environ du PIB du pays.

² http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_2002-2006/SF-Database/index.asp.

du principe du recouvrement des coûts). Si toutefois la taxe va au budget général de l'Etat, elle doit être considérée comme une imposition. La question de savoir quelles choses (recettes, fortune) et quelles activités sont soumises aux taxes et quel est leur niveau de taxation dépend entièrement de l'Etat.

6.2.2.2 Recouvrement des coûts

Un système de recouvrement de coûts a pour objet de récupérer les frais de gestion du spectre encourus par l'administration. Les taxes d'utilisation des fréquences et, par voie de conséquence, la taxe relative à l'obtention d'une licence d'utilisation des fréquences radioélectriques, sont fixées en fonction des coûts encourus pour octroyer la licence et le processus d'assignation ou d'allotissement de fréquence correspondant (par exemple, assignation de fréquence, certification du site, coordination) y compris toute autre fonction nécessaire de gestion du spectre. (Ces coûts sont encourus une seule fois pour l'octroi de la licence. En outre, une taxe annuelle est souvent appliquée pour les coûts engagés afin de garder les fréquences exemptes de brouillages (coûts d'exécution) (voir aussi le § 6.2.3).) Les taxes de concession sont généralement fondées sur le principe du recouvrement des coûts directement ou indirectement imputables à une catégorie de licence (radiodiffusion, mobile, satellite, etc.).

Du point de vue des concessionnaires, le recouvrement des coûts peut représenter un système équitable, en ce sens qu'il répartit le coût de la gestion du spectre entre ceux qui l'utilisent et que la taxation est transparente. Pour autant, le recouvrement des coûts exige des ressources administratives afin de contrôler et d'enregistrer les coûts de gestion du spectre. Pour assurer la transparence maximale des taxes de concession, il pourrait être utile de pouvoir produire indépendamment des comptes validés, c'est-à-dire vérifiés par un vérificateur national afin de s'assurer que les coûts à partir desquels sont calculées les taxes de concession ne sont pas excessifs et peuvent être justifiés. Il découle de ces deux points une augmentation des frais administratifs généraux et éventuellement la mise au point de systèmes financiers substantiels pour que les coûts correspondent à la taxe.

Il convient aussi de noter que la définition exacte et le fonctionnement du principe du recouvrement des coûts pourraient varier selon les critères constitutionnels, législatifs et de gestion nationale du spectre. Ces différences peuvent avoir une incidence sur la mise en oeuvre du principe de recouvrement des coûts dans chaque pays et influent sur la façon dont les coûts et les taxes sont justifiés. Plusieurs raisons expliquent ces différences:

- a) Le recouvrement des coûts est interprété de telle façon que la somme des taxes appliquées aux bénéficiaires d'une activité administrative soit égale à la somme des coûts découlant de l'activité du secteur en question de l'administration. En fait, d'un point de vue strictement juridique, le principe de la couverture des coûts veut simplement que la somme des taxes appliquées aux bénéficiaires d'une activité administrative ne soit pas supérieure à la somme des coûts découlant de l'activité du secteur en question de l'administration. En conséquence, les décisions de l'organisme exécutif ou législatif, telles qu'elles peuvent être modifiées par l'autorité judiciaire, peuvent également prévoir uniquement un recouvrement partiel des coûts – la différence étant financée par le budget général de l'Etat.
- b) Dans certains pays, une distinction est faite selon que l'administration établit une correspondance exacte ou approximative entre ses recettes et ses dépenses. Dans le premier cas, l'administration n'a pas le droit de subventionner ou de surtaxer le titulaire de la licence, tout surpaiement devant être remboursé. Dans le dernier cas, on reconnaît que les taxes sont calculées à partir des coûts estimatifs, et donc qu'il se peut que les recettes soient supérieures ou inférieures aux dépenses effectives de l'administration. (NOTE – Dans les pays qui utilisent le dernier système, on peut encore appliquer un audit rigoureux.) De même, des taxes trop élevées peuvent engendrer un excédent qui peut servir à réduire la taxe les années suivantes et inversement.
- c) Le calcul des taxes assujetties au recouvrement des coûts se fait, directement ou indirectement, sur la base du travail effectué pour une licence individuelle ou sur la moyenne pour cette catégorie de licences (par exemple la catégorie «radiodiffusion»)
- d) La complexité du processus d'assignation de fréquence et le nombre de fonctions de gestion du spectre à exécuter pour la délivrance d'une licence peuvent varier en fonction:
 - des caractéristiques nationales – par exemple nombre d'utilisateurs, caractéristiques géographiques nécessitant l'utilisation d'une base de données topographiques détaillée;

- coordination internationale – par exemple dans le cadre de traités bilatéraux ou multilatéraux, renvois correspondants du Règlement des radiocommunications ou impératifs de coordination;
- autres coûts connexes (études sur les radiocommunications, participation à des conférences des radiocommunications, etc.).

Les éléments ci-dessus auront une incidence sur la composition de la taxe de concession et sur les mécanismes qu'une administration peut mettre en place pour contrôler ses recettes et ses dépenses. Il peut aussi y avoir des différences dans la division entre les coûts directs et indirects, malgré une communauté de vues générale sur les définitions, en raison des divergences d'interprétation concernant les coûts spécifiques qui devraient être imputés à chaque catégorie. En général, les coûts directs et indirects sont définis comme suit.

– *Coûts directs*

Ils correspondent aux coûts immédiats et identifiables de délivrance de licences pour des applications particulières. Ils comprennent notamment le coût des heures que le personnel consacre à l'assignation de fréquence, la certification du site, l'analyse des brouillages lorsqu'elle peut être directement associée à une classe de service particulière – le fait de garder exempts de brouillage les canaux pour les chaînes publiques d'information et de divertissement – la coordination avec l'UIT, régionale ou internationale, propre à un service. Dans certaines bandes de fréquences et pour certains services, ou si les émetteurs sont situés à proximité de pays voisins, les coûts directs incluront le coût de la coordination internationale.

– *Coûts indirects*

Ils correspondent aux coûts des fonctions de gestion du spectre utilisées pour aider l'administration dans le processus d'assignation de fréquence et aux coûts généraux afférents à la mise en oeuvre des procédures de gestion du spectre de l'administration. Ils représentent des coûts qui ne peuvent pas être assimilés à des coûts imputables à des services ou des titulaires de licences particuliers, comme le coût de la coopération internationale générale, des activités de recherche sur les conditions de propagation dans de nombreuses bandes de fréquences et de nombreux services, du contrôle général du spectre, des enquêtes sur les brouillages à la suite des plaintes d'utilisateurs légitimes et du personnel et des équipements d'appui, de préparation ou de participation aux conférences des radiocommunications et des mesures de suivi.

Toutefois, dans certaines administrations la définition des coûts directs est très restrictive et se limite aux coûts supportés pour chaque requérant et non au coût de la catégorie de licence. En outre, il se peut que certaines administrations ne perçoivent de coûts indirects, auquel cas les coûts indirects doivent être couverts par le budget général.

Un inconvénient d'un système basé sur le recouvrement des coûts est qu'il empêche d'appliquer aux utilisateurs une taxe fondée sur leur utilisation proportionnelle du spectre et le degré d'encombrement du spectre qui existe (ou la «valeur» du spectre), ce qui peut avoir pour effet d'avantager les gros utilisateurs par rapport aux petits utilisateurs. De ce fait, il est très difficile d'utiliser les taxes pour assurer une utilisation efficace du spectre en encourageant les utilisateurs à opter pour des techniques plus efficaces ou pour des bandes de fréquences moins encombrées. Par ailleurs, les redevances basées sur les coûts peuvent ne pas prendre en compte la capacité ou la volonté des utilisateurs à payer, au détriment de certains utilisateurs (par exemple ceux des zones rurales isolées qui, dans un régime basé sur les coûts paient relativement plus cher que les utilisateurs dans les zones encombrées, alors que le volume de travail lié à la délivrance d'une licence est pratiquement le même). Les coûts encourus pour octroyer une licence individuelle sont même plus difficiles à enregistrer.

6.2.3 Autres impositions

Outre les coûts découlant de l'octroi d'une licence et de la mise en oeuvre des fréquences concernées, les administrations ont des fonctions spécifiquement liées aux activités de gestion du spectre qui doivent être payées. On en trouvera ci-après quelques exemples.

– *Taxe d'homologation ou d'agrément (pas pour les pays R&TTE)*

Il s'agit d'une taxe perçue par les administrations pour l'homologation ou l'agrément des équipements terminaux ou radioélectriques. Lorsque les équipements ont été testés dans un laboratoire d'essais accrédité ou lorsque leurs spécifications ont été agréées, les équipements reçoivent un certificat de l'administration ou de l'autorité

compétente, et peuvent ensuite être mis sur le marché. Dans certaines régions, l'évaluation de la conformité est basée sur les procédures d'autodéclaration du fabricant. De ce fait, les recettes provenant de ces taxes peuvent ne pas être conséquentes ou être inexistantes.

– *Taxe d'accréditation*

Dans certains pays, les essais des équipements terminaux ou radioélectriques sont effectués par des laboratoires d'essais accrédités indépendants qui ne font pas partie de l'administration. Les taxes pour les tests doivent être payées directement aux laboratoires accrédités et, dans ce cas, ne font pas partie des recettes des administrations.

– *Taxes et redevances relatives à la compatibilité électromagnétique (CEM)*

La réglementation de la CEM a entraîné des frais pour l'administration dans le domaine de la surveillance du marché. Certaines administrations ont donc décidé de percevoir une taxe relative à la CEM pour les équipements visés par ce type de réglementation ou d'imposer une taxe aux fabricants.

– *Taxe d'inspection*

Dans certains cas, les administrations inspectent les installations avant ou après leur mise en service par le concessionnaire, de façon systématique ou aléatoire. Parfois la taxe d'inspection est couverte par la taxe de concession normale, parfois il s'agit d'une taxe distincte.

– *Taxe pour le traitement des plaintes pour brouillages*

En général, les administrations mènent une enquête en cas de plaintes pour brouillages de la part des concessionnaires ou du public. Pour empêcher les plaintes abusives ou couvrir les frais administratifs, une taxe peut être appliquée pour toutes les affaires ou uniquement lorsque les plaintes s'avèrent injustifiées.

– *Taxe pour la certification des opérateurs (examens des radioamateurs et des utilisateurs maritimes)*

Dans le cas des radioamateurs et des utilisateurs maritimes, les requérants doivent passer un examen pour recevoir un certificat avant d'être autorisés à utiliser leur équipement. Les administrations peuvent appliquer une taxe pour l'examen et la délivrance du certificat d'exploitation.

6.2.4 Autres méthodes de financement des activités de gestion du spectre

Pour pallier les insuffisances des systèmes de gestion nationale du spectre centralisés traditionnels, administrés et financés par les pouvoirs publics, les administrations peuvent envisager d'autres solutions. La gestion nationale du spectre doit certes relever avant tout des pouvoirs publics, mais d'autres approches, selon lesquelles des ressources extérieures au gestionnaire national du spectre permettent d'assurer ou de financer certaines fonctions de gestion du spectre, sont susceptibles d'accroître l'efficacité et l'efficacités des efforts nationaux.

Un certain nombre d'administrations font appel à des ressources dans le pays ou extérieures au gestionnaire national du spectre, notamment:

- à des groupes d'intérêts tels que comités consultatifs, associations commerciales, professionnelles ou parapubliques;
- à des coordonnateurs de fréquences (et groupes de coordination) et à des gestionnaires désignés du spectre;
- à des consultants en gestion du spectre et à des sous-traitants.

Ces ressources peuvent aider le gestionnaire national du spectre. L'approche utilisée dépendra de la bande de fréquences, du service de radiocommunication et/ou de l'application en question, de la capacité et des ressources disponibles de l'organisation de gestion nationale du spectre et enfin des moyens techniques offerts par les autres ressources. Le gestionnaire national du spectre est en mesure de cerner les limites de la responsabilité et de l'autorité conférées à tel ou tel groupe sur la base de la fonction à assurer. Dans certains cas, il faudra que l'administration combine les diverses approches envisageables pour assurer la totalité des fonctions de gestion du spectre.

Le recours à d'autres entités nationales pour faciliter le processus de gestion nationale du spectre répond à plusieurs objectifs:

- économiser les ressources financières ou humaines de l'administration centrale; toutefois, si les activités de gestion du spectre sont menées par des tierces parties extérieures à l'administration et qui sont orientées vers le profit, le problème du financement de ces activités subsiste car ces parties doivent être payées pour le service qu'elles assurent;
- accroître l'efficacité d'utilisation des fréquences;
- accroître l'efficacité des processus d'assignation et de coordination des fréquences;
- compléter les moyens techniques à la disposition du gestionnaire national du spectre.

6.3 Méthodes de concession du spectre

Il est nécessaire de recourir à différentes méthodes de concession du spectre pour traiter les besoins distincts des utilisateurs et le délai dans lequel l'utilisation d'une bande de fréquences peut faire l'objet d'une concession. Si le nombre de requérants dépasse la quantité de spectre disponible, l'option «premier arrivé, premier servi» peut ne pas convenir et des mécanismes tels qu'appels d'offres, adjudications comparatives, enchères et assignations aléatoires sont nécessaires.

6.3.1 Option «premier arrivé, premier servi»

C'est le mécanisme d'assignation du spectre le plus souvent utilisé par les administrations. Le spectre est assigné dans l'ordre de réception des demandes sur la base des fréquences disponibles, des fonctions appropriées de gestion du spectre réalisées et de la conformité du requérant aux critères définis. Ce mécanisme est adéquat lorsqu'il n'y a pas de pénurie de spectre et que celui-ci doit être assigné à un nombre potentiellement élevé d'utilisateurs et sur une longue période. Il est le plus souvent utilisé avec un financement par le budget national ou par des taxes d'utilisation du spectre, et il devrait probablement rester le mécanisme le plus efficace dans un proche avenir, même s'il peut être lié (avec ou sans recouvrement des coûts) à des méthodes de régulation de la demande (par exemple tarification administrative).

6.3.2 Sélection comparative

Ce mécanisme permet de déterminer quel requérant devrait avoir accès à une quantité limitée de spectre et, probablement dans la plupart des cas, pour les systèmes de radiodiffusion ou les systèmes mobiles publics. Il est fondé sur la présentation par les concurrents de leurs propositions concernant l'exploitation du service; celles-ci doivent alors être évaluées par l'administration. Elles comprennent en général des renseignements sur la population visée, la qualité du service, la rapidité de mise en oeuvre et le plan d'exploitation de l'opérateur. Pour la radiodiffusion, des renseignements sur les programmes devraient être indiqués: durée en heures des programmes pour enfants; programmes éducatifs; nouveaux services. Les propositions sont généralement élaborées en réponse à des critères établis et publiés par l'administration. Cette dernière n'est pas tenue d'assigner le spectre à un requérant si aucun ne satisfait aux critères.

L'examen des propositions peut prendre du temps et nécessiter des ressources, et le processus de décision peut ne pas être transparent. L'examen pourrait être subjectif et, sauf si les motifs du rejet d'un requérant sont clairs et conformes aux critères publiés par l'administration, le requérant non retenu peut demander un réexamen judiciaire. Toute contestation juridique peut avoir une incidence notable sur les perspectives de l'administration en ce qui concerne le démarrage du service et peut obliger l'administration à recommencer toute la procédure d'appel d'offres.

Lancer un appel d'offres peut être onéreux et long, même sans la menace d'une contestation juridique. Ce mécanisme ne peut être utilisé que lorsqu'il y a un petit nombre de requérants pour un nombre limité de licences. En outre, bien que cette procédure puisse prendre en compte les qualifications du futur concessionnaire et ait pour objectif de délivrer une licence à l'organisation la mieux équipée pour satisfaire aux conditions de la licence, elle peut aussi aboutir à une situation dans laquelle le gagnant a exagéré les éléments techniques ou relatifs à la qualité pour remporter l'appel d'offres et doit ensuite mettre au point un service pour lequel, par exemple, la qualité ou la capacité du système dépasse ce qui est requis sur le plan opérationnel ou découvre ultérieurement qu'il est incapable de satisfaire aux prescriptions.

6.3.2.1 Sélection comparative avec appel d'offres financier (Adjudication comparative)

Ce mécanisme est fondé sur la procédure d'appel d'offres; toutefois, ce n'est pas l'administration qui assigne le spectre gratuitement ou en contrepartie d'une taxe définie, mais ce sont les requérants qui sont invités à présenter une offre monétaire, outre l'obligation de satisfaire aux critères publiés par l'administration. Ainsi, les soumissionnaires déterminent eux-mêmes la valeur marchande du spectre.

L'instauration d'une telle évaluation de la part des requérants donne une indication limitée de la valeur du spectre, mais il peut ne pas s'agir d'une vraie évaluation commerciale étant donné que certaines parties des soumissions présentées en réponse aux critères publiés par l'administration peuvent avoir une incidence conséquente sur l'offre monétaire. Pour empêcher les requérants de constituer une entente afin de réduire l'élément monétaire de leur offre, les gouvernements auront peut-être intérêt à se renseigner sur la valeur du spectre afin de fixer une limite inférieure (enchère minimale) pour l'élément monétaire en question.

Comme l'appel d'offres, l'adjudication comparative présente l'avantage de pouvoir prendre en compte les qualifications du futur concessionnaire et, de façon partielle, la valeur du spectre.

Comme pour l'appel d'offres, toutes les soumissions sont examinées par l'administration. Là encore, cette dernière n'est pas tenue de délivrer une licence à un requérant. L'examen peut être simplifié si un nombre de requérants égal à celui des licences présentent une soumission qui dépasse tous les critères définis par l'administration et offre la meilleure évaluation monétaire. Cependant, dans la plupart des cas, la procédure d'examen est plus complexe car l'offre monétaire n'est qu'un élément de la soumission et l'offre la plus élevée n'est pas assurée de l'emporter. En outre, l'introduction de l'élément monétaire exige une évaluation plus complète du plan d'exploitation des requérants et en particulier de leur plan financier. Dans le cadre de l'adjudication comparative, le processus d'examen peut être long et requérir beaucoup de ressources. Sauf si des gagnants se dégagent nettement, on peut dire que la décision de l'administration pourrait être aussi subjective que dans le cas d'un appel d'offres et qu'elle est même plus susceptible d'être contestée juridiquement car différents éléments (financiers et autres) sont évalués.

6.3.3 Enchères

Les enchères représentent un mécanisme d'assignation au terme duquel les requérants déterminent le prix à payer. De cette façon, le prix éventuel du spectre est déterminé par le jeu du marché et les fréquences attribuées au soumissionnaire retenu. La plupart des administrations fixent des critères d'entrée pour les requérants. Ces critères peuvent être analogues aux conditions d'entrée qui sont fixées pour une adjudication comparative (assignation aléatoire, voir le paragraphe suivant). Les principales caractéristiques des enchères qui expliquent leur large utilisation dans le monde sont les suivantes:

- En général, les enchères encouragent une utilisation efficace du spectre en incitant le requérant retenu à utiliser le spectre rapidement et de manière optimale. On a craint qu'elles imposent une charge aux opérateurs au démarrage du service, mais les soumissionnaires devraient à l'évidence connaître leurs besoins en matière de trésorerie et une bonne pratique commerciale devrait éviter les surenchères.
- En général, par rapport à l'appel d'offres ou à l'adjudication comparative classiques, les enchères constituent une procédure rapide et efficace pour l'assignation du spectre. Elles peuvent convenir lorsqu'il existe de nombreux requérants et peuvent être considérées comme une procédure d'octroi de licences objective et transparente. Par conséquent, les adjudications publiques réduisent les possibilités de favoritisme. La transparence du processus réduit le risque d'une contestation juridique.
- Plus les critères et les conditions appliquées à une adjudication publique sont nombreux, plus la valeur des licences sera affectée (le prix de l'enchère peut chuter). Dans certains cas, pour définir clairement les conditions d'exploitation d'une licence, les administrations devront peut-être mettre en place des moyens de gestion du spectre qu'elles avaient antérieurement jugé inutiles, par exemple des activités de contrôle spécialisées, des bases de données sur le terrain, des capacités automatisées d'analyse des brouillages.

Pour qu'une enchère se déroule bien, les règles et les procédures applicables doivent être connues de tous les participants et bien comprises par ces derniers, avant le début de l'enchère. Une administration qui envisage de mettre du spectre aux enchères aurait tout intérêt à consulter la documentation de plus en plus riche qui existe en la matière et à s'appuyer sur l'expérience d'autres administrations afin de tirer des enseignements des réussites et des problèmes rencontrés concernant la conception et le déroulement de l'enchère et ses conséquences pour les opérateurs, les équipementiers de télécommunication et les utilisateurs finals.

Selon la complexité de l'enchère, il peut être souhaitable de recourir à un système d'enchères automatisé. Il faut donc disposer d'une infrastructure technique pour organiser une enchère et les gestionnaires du spectre ainsi que les éventuels soumissionnaires devront bénéficier d'une formation pour qu'ils soient suffisamment familiarisés avec un tel processus.

Les enchères peuvent prendre différentes formes, par exemple:

- L'adjudication par voie d'enchères:
Le commissaire-priseur augmente le prix jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un seul enchérisseur.
- Les enchères sous pli cacheté (au premier prix):
Les enchérisseurs soumettent des offres sous pli cacheté et le plus offrant gagne.
- Les enchères à un tour sous pli cacheté (au second prix):
Les enchérisseurs soumettent des offres sous pli cacheté et le plus offrant gagne mais paie le prix offert par le deuxième meilleur enchérisseur.
- Les enchères hollandaises:
Un enchérisseur annonce un prix plus élevé que la valeur du bien et le prix est progressivement abaissé jusqu'à ce qu'il trouve acheteur.
- Les enchères simultanées à plusieurs tours:
Telle qu'elle a été lancée pour la première fois par la Federal Communications Commission des Etats-Unis d'Amérique, cette adjudication implique de multiples appels d'offres pour un certain nombre de lots qui sont offerts simultanément. La meilleure offre pour chaque lot est révélée à tous les enchérisseurs avant l'appel suivant, où toutes les offres sont de nouveau acceptées sur tous les lots. L'identité du plus offrant peut être ou ne pas être révélée après chaque appel, mais elle est révélée à la clôture de l'adjudication. Le processus se poursuit jusqu'à ce qu'il y ait un appel auquel aucune nouvelle offre n'est soumise pour un lot quelconque. Cette variante est plus complexe que les enchères à appel d'offres unique mais elle procure plus de flexibilité afin de combiner les lots de différentes façons. D'autre part, comme elle est plus ouverte qu'un processus à offres scellées, elle limite l'incidence du phénomène de malchance du gagnant, ce qui permet aux enchérisseurs de soumissionner avec plus de confiance.
- Les enchères simultanées combinées à plusieurs tours:
Le mécanisme est plus ou moins le même que pour les enchères simultanées à plusieurs tours, à la différence près que dans ce type d'enchères les participants peuvent faire des offres combinées; en d'autres termes, ils peuvent faire une offre unique sur une combinaison de lots. S'il existe une certaine synergie entre les lots, ce mécanisme peut être très intéressant pour le soumissionnaire. Par contre, la conception de l'enchère devient plus complexe et on a alors besoin d'une assistance informatique et des algorithmes particuliers.
- Les enchères au cadran combinées (CCA):
Ce type d'enchères est rapidement devenu la formule préférée de nombreux régulateurs du spectre pour la délivrance de licences d'utilisation du spectre (surtout pour les systèmes mobiles) au cours de la première décennie du XXI^e siècle. Des pays comme le Royaume Uni, les Pays Bas, l'Autriche, la Suisse et le Danemark ont opté pour ce type d'enchères. On essaie avec ce type d'enchères de pallier à un des principaux inconvénients des enchères simultanées à plusieurs tours et des enchères à l'anglaise, à savoir le fait que toute nouvelle offre faite par un soumissionnaire invalide toutes les offres précédentes. En outre, une enchère peut se terminer à un prix ou dans des conditions qui ne satisfont pas le soumissionnaire. Une enchère CCA permet de régler ce

problème en rendant contraignante chaque offre faite à chaque tour (toutes les offres pour tous les tours sont comptabilisées) et en donnant aux soumissionnaires une dernière chance de faire une offre après la fin de la première phase de l'enchère. Une enchère CCA est en fait une combinaison d'une enchère au cadran et d'une enchère sous pli cacheté à un seul tour. La première phase de l'enchère sert à déterminer le prix estimé et les exigences des soumissionnaires («phase du cadran») puis vient ensuite la seconde phase, celle de l'enchère combinée sous pli cacheté, pendant laquelle les offres sont limitées par le comportement des soumissionnaires pendant la première phase. Cette formule permet d'éliminer les remords de l'acheteur au dernier tour et permet aussi aux soumissionnaires d'avoir des estimations de prix concrètes. Le principal inconvénient de ce type d'enchère est son incroyable complexité pour les soumissionnaires. On a besoin d'un logiciel pour déterminer les gagnants pendant la seconde phase (enchères combinées sous pli cacheté qui tiennent compte également du comportement des soumissionnaires pendant la première phase des enchères). Les soumissionnaires doivent avoir une entière confiance dans le système d'enchère de sorte que lorsqu'ils font leur offre pour la vraie valeur de la/des licences, ils ne paieront jamais trop cher. Le système et les algorithmes permettront de déterminer ceux qui ont remporté l'enchère avec le prix le plus élevé pour la licence. Ainsi, il n'y a pas d'incitation à faire une offre plus élevée que le véritable prix dans le but de remporter la dernière offre (comme dans les enchères à l'anglaise ou les enchères simultanées à plusieurs tours). Les enchères combinées permettent aussi de soumissionner pour un ensemble de licences en une seule offre pour une certaine quantité de spectre.

Avantages

Les adjudications publiques présentent l'avantage d'octroyer des licences aux agents économiques qui leur attribuent la valeur la plus élevée, tout en dégagant simultanément des recettes, mais cela ne veut pas dire que les recettes en question soient importantes vu que la valeur des offres dépend de nombreux facteurs. Lorsque l'octroi de licences à l'intérieur d'une structure d'attribution donnée se fait par adjudication publique, les licences sont octroyées à ceux qui leur attribuent la valeur la plus élevée, uniquement dans les limites des attributions effectuées. Par exemple si les opérateurs de systèmes mobiles attribuent une valeur très élevée à un bloc de fréquences particulier du spectre, dans une région déterminée, mais si ce bloc de fréquences est attribué à des radiodiffuseurs, les recettes et les avantages économiques retirés de ce spectre seront plus faibles que si l'adjudication publique avait été ouverte aux opérateurs de systèmes mobiles.

L'élargissement au niveau national de la gamme des utilisations autorisées en vertu d'une licence octroyée par adjudication publique permet par ailleurs d'utiliser le spectre pour les services les plus demandés. Une définition générale des services risque toutefois d'accroître le coût de la coordination des dispositions contre les brouillages entre titulaires de concessions utilisant des fréquences voisines du spectre et se trouvant dans des zones géographiquement rapprochées. Ces arguments concernant la structure des attributions s'appliquent également à un système de droits transférables d'utilisation du spectre, suite à l'assignation initiale de fréquences. Lorsqu'à l'avenir, il y aura de plus en plus de convergence dans l'utilisation du spectre, cet effet secondaire négatif sera moins marqué.

Inconvénients

Les adjudications publiques ne sont pas une panacée et ne conviennent que pour des licences et conditions bien déterminées. Elles ne sont pas appropriées si les droits d'utilisation du spectre ne sont pas correctement définis. Elles ne conviennent pas pour les licences d'un volume important et d'une faible valeur, ni pour des services d'intérêt collectif (utilisations à des fins militaires, radiodiffusion publique), ni lorsque la concurrence est inexistante ou limitée. De fait, le seul facteur important pour la mise aux enchères d'une licence est le fait que les services du gagnant devraient faire face à la concurrence et, par voie de conséquence, une condition préalable à une adjudication publique est qu'il existe une législation efficace en matière de concurrence pour garantir que les soumissionnaires ne concluent pas d'arrangements pour la fixation d'un prix.

Les adjudications s'avèrent parfois inefficaces ou difficiles à organiser pour certains services ou dans certains contextes. Un cas type est celui de l'absence de concurrence pour l'assignation des fréquences, par exemple avec les systèmes fixes à hyperfréquences caractérisés par un grand nombre de liaisons individuelles, à faisceau étroit et très précisément localisées, ou lorsque, pour les opérateurs potentiels, les perspectives d'un rendement sur investissement réaliste sont insignifiantes dans un délai raisonnable. Un deuxième cas type est celui des

fournisseurs de services d'intérêt collectif utilisateurs du spectre – tels que la défense nationale ou les organismes de recherche scientifique – qui ont parfois quelque difficulté à lui attribuer une valeur financière: il s'ensuit que la collectivité risque de disposer d'une offre insuffisante de services de ce type si tous les fournisseurs de services utilisateurs du spectre ont participé aux adjudications. Ce problème pourrait être réglé si les pouvoirs publics lançaient un appel d'offres compétitif pour le spectre. Les pouvoirs publics achètent d'autres biens et services sur le marché pour des activités d'intérêt collectif, par exemple les voitures de police ou le versement de loyers pour des bâtiments publics.

Si des adjudications visant à octroyer des concessions à des systèmes à satellites mondiaux ou internationaux avaient lieu dans plusieurs pays, les éventuels fournisseurs de services devraient vraisemblablement consacrer des ressources importantes ne serait-ce que pour participer à chaque adjudication. Ce lourd processus pourrait ainsi retarder la mise en oeuvre de services souhaités. De plus, la tenue d'adjudications successives introduirait une réelle incertitude parmi les éventuels fournisseurs de services; en effet, ces derniers ne seraient pas certains de remporter les adjudications dans tous les pays où ils souhaitent offrir leurs services. Or, une incertitude suffisamment grande de cette nature pourrait empêcher la fourniture et entraver le développement de systèmes internationaux à satellites. Par ailleurs, cette même incertitude existe aussi dans toutes les autres méthodes d'octroi de licences pour l'utilisation du spectre. Avec la procédure des soumissions comparatives, un fournisseur de services potentiel n'a pas la certitude de pouvoir obtenir la licence dans tous les pays qu'il voudrait. On pourrait même dire que lors d'une enchère le fournisseur de services a davantage de contrôle sur le résultat (offre la plus élevée) que dans le processus incertain des soumissions comparatives.

Restrictions

Si une administration décide de faire appel aux adjudications, elle doit être consciente du fait que, le plus souvent, plus il y a de règlements, de conditions ou de restrictions applicables à l'utilisation du spectre à mettre aux enchères, plus les recettes financières de ces enchères diminueront: les administrations auront donc intérêt à étudier les compromis en jeu, selon leurs priorités. Dans le même esprit, les administrations peuvent décider de restreindre l'offre de spectre, ce qui généralement conduira à des recettes d'adjudication plus élevées. Il y a toutefois là un autre compromis à trouver, en ce sens qu'une offre restreinte de spectre se traduira par un assortiment moins large de services pour le consommateur, par des prix à la consommation plus élevés et par une diminution du rendement économique dans son ensemble.

Il peut s'avérer nécessaire, afin de favoriser la concurrence, d'imposer des garanties supplémentaires concernant les services mis en adjudication. Par exemple, dans certains contextes, tous les soumissionnaires potentiels ou une partie d'entre eux peuvent être des fournisseurs de services qui dominent le marché et qui s'emploient à renforcer leur situation de monopole ou d'oligopole (nombre restreint de concurrents). Les conditions restrictives de participation à une adjudication publique ayant pour effet de limiter la largeur du spectre susceptible d'être attribuée à un agent économique quelconque, permettent certes de remédier en partie à cet inconvénient; mais risquent par ailleurs de réduire le nombre de participants.

En général, les recettes tirées d'une enchère viennent alimenter le budget général selon un processus qui déterminera l'affectation de l'argent ainsi levé par exemple dans certains cas, la réduction de la dette nationale ou des investissements dans de nouveaux secteurs ou de nouvelles activités.

6.3.4 Assignation aléatoire

Ce mécanisme peut convenir lorsqu'il y a un très grand nombre de requérants et consiste à choisir les gagnants de manière aléatoire parmi les concurrents. Dans sa forme la plus simple, une assignation aléatoire est peu complexe, rapide et transparente, mais le spectre peut être assigné à quelqu'un qui n'y attache pas de la valeur. Aucune décision subjective n'étant requise pour l'assignation du spectre et aucun examen des requérants n'étant nécessaire, une contestation juridique de la décision est peu probable. Cela étant, sauf si une forme quelconque de droit de participation est perçue, les gagnants se voient attribuer le spectre gratuitement. En conséquence, l'administration peut décider d'imposer un droit pour la participation à la procédure et éventuellement d'autres critères d'admission pour s'assurer que le requérant retenu soit capable de fournir le service. Ces contraintes additionnelles peuvent restreindre le nombre de requérants et rétablir également une partie de la valeur du spectre. Cette formule présente un véritable inconvénient lorsque les lots gagnants (licences) représentent une réelle valeur marchande. Les soumissionnaires qui ont remporté l'enchère pourraient faire un bénéfice en revendant ces licences sur un marché secondaire, ce qui pourrait causer des problèmes, étant donné que cette valeur marchande aurait aussi pu être confisquée par le trésor public si une procédure d'assignation différente,

par exemple une enchère, avait été choisie. Le mécanisme des assignations aléatoires n'a pas été beaucoup utilisé dans la pratique.

6.4 Tarification du spectre

Etant une ressource limitée mais réutilisable, le spectre radioélectrique doit être utilisé de manière efficace et rentable pour éviter des brouillages non désirés, maximiser les avantages découlant de son utilisation pour chaque administration et assurer un accès équitable au spectre pour tous les utilisateurs existants et potentiels. Toutefois, la libéralisation des télécommunications et les développements technologiques actuels ont offert la possibilité de diverses applications radioélectriques nouvelles, et ces progrès, tout en améliorant souvent l'efficacité d'utilisation du spectre, ont suscité un plus grand intérêt et une plus grande demande pour cette ressource limitée. En conséquence, dans certaines zones géographiques, pour certains services et certaines bandes de fréquences, la demande de spectre a dépassé l'offre disponible. En parallèle, la tendance généralisée au raccourcissement des cycles de développement ont poussé encore davantage les gestionnaires du spectre à prendre plus rapidement des décisions pour déterminer qui devrait avoir accès au spectre et avec quelle technologie.

Dans ces circonstances, les politiques de tarification basées sur les coûts et les mécanismes d'assignation non basés sur les mécanismes du marché peuvent ne pas constituer la solution optimale pour gérer l'accès au spectre, vu qu'ils ne comportent généralement pas d'incitation à atteindre certains objectifs de gestion. Les taxes qui sont décrites dans la présente section sont spécifiquement destinées à influencer sur le comportement des utilisateurs du spectre. Bien utilisées, elles:

- assurent à elles seules un mécanisme transparent permettant de promouvoir une utilisation efficace du spectre;
- empêchent les utilisateurs de stocker du spectre qu'ils n'utilisent pas réellement;
- incitent à passer à d'autres bandes quand cela est souhaitable;
- offrent un moyen d'assigner rapidement une quantité limitée de spectre, lorsqu'il y a une demande importante et une forte concurrence entre les requérants.

En outre, certains mécanismes d'assignation traditionnels sont difficiles à gérer en raison du nombre de requérants et sont plus exposés à des contestations juridiques vu que le processus de décision de l'administration (en particulier la procédure comparative, les soumissions comparatives) manque de transparence.

Ces préoccupations ont conduit à l'élaboration d'autres approches en matière de gestion du spectre, notamment de critères économiques en tant que nouvel outil de gestion du spectre pour certains services et en tant qu'instrument de calcul des taxes de concession. Les critères économiques sont utilisés avec d'autres outils de gestion du spectre plus conventionnels pour améliorer cette gestion et permettre de gérer le spectre radioélectrique de façon plus équitable dans l'intérêt de tous les utilisateurs de fréquences radioélectriques et dans l'intérêt de l'économie générale.

6.4.1 Taxes d'utilisation du spectre incitatives

L'un des domaines affectés par la notion de tarification du spectre est celui de l'approche concernant les redevances d'utilisation du spectre, qui introduit la notion de valeur économique du spectre dans la structure de la taxe.

Dans un système de taxation incitative, on essaie de se servir du prix pour atteindre les objectifs de gestion du spectre et donc, dans une certaine mesure, inciter l'utilisateur à mieux utiliser le spectre. Les formules de tarification incitative ont l'avantage de représenter partiellement les rentes de rareté et de spécificité du spectre (valeur économique). De ce fait, dans cette approche, les niveaux de taxation ne dépendent pas de limitations fondées sur les coûts, et une taxe proche de la valeur marchande du spectre est définie. La taxation incitative a pour objectif global d'encourager une utilisation plus efficace du spectre dans l'intention d'équilibrer la demande et l'offre de spectre en incitant les utilisateurs:

- à commencer à utiliser des équipements économes de spectre;
- à restituer les parties du spectre dont ils n'ont pas besoin;
- à passer à une partie du spectre moins encombrée.

Les formules de tarification incitative peuvent donc offrir un mécanisme visant à promouvoir le redéploiement du spectre.

La taxe est définie à partir d'une formule qui tente de prendre en compte la rareté du spectre. Divers aspects de l'utilisation du spectre peuvent être pris en considération pour élaborer une formule et il faudra peut-être mettre au point des systèmes différents pour des bandes de fréquences et des services différents afin de mettre en place une taxation incitative flexible. En général, une formule peut inclure un certain nombre de critères, par exemple:

– *Bande de fréquences*

Le montant de la taxe perçue varie selon la fréquence utilisée afin d'encourager les utilisateurs à mettre en oeuvre de nouveaux services dans les parties du spectre moins sollicitées ou faire passer les services existants sur des bandes libres. L'administration devrait toutefois reconnaître que certains services ont besoin de fréquences ou de gammes de fréquences particulières pour fonctionner, par exemple les communications à haute fréquence ou les services météorologiques.

– *Largeur de bande utilisée*

Le montant de la taxe varie selon la quantité de spectre occupée. Il sert à convaincre tous les utilisateurs de recourir à un équipement plus économe de spectre et de renoncer aux parties du spectre non utilisées et il sert à persuader les nouveaux utilisateurs de ne demander que la quantité minimale de spectre dont ils ont besoin. C'est une méthode déjà employée en principe pour la tarification par liaison dans le service fixe ou par canal pour le service de radiocommunications mobiles privées (PMR, *private mobile radiocommunication*).

– *Exclusivité*

Elle comporte deux aspects. Premièrement, tous les autres critères des applications radioélectriques étant identiques, la taxe appliquée aux utilisateurs du spectre ayant accès à un canal exclusif doit être plus élevée que celle qui est exigée des utilisateurs qui se contentent de bandes partagées. Deuxièmement, dans les bandes partagées, tous les autres critères des applications radioélectriques étant identiques, la taxe appliquée aux utilisateurs qui ont recours à de nombreux équipements de radiocommunications doit être plus élevée que celle qui est exigée des utilisateurs qui se contentent de moins d'équipements, vu qu'il y a de plus fortes chances pour que le premier groupe occupe le spectre (le second groupe étant donc privé de la possibilité d'utiliser le spectre).

– *Situation géographique*

La taxe est plus élevée pour les opérateurs dans les zones fortement encombrées (par exemple au centre-ville) et moins élevée dans les zones moins encombrées (par exemple en zone rurale). Il est à noter qu'en pratique, certaines zones rurales peuvent être plus encombrées que certaines villes, et l'utilisation variera selon le type de service et la bande de fréquences.

– *Couverture*

La taxe varie selon la zone de transmission couverte (appelée zone «gelée», c'est-à-dire qui ne peut pas être utilisée par d'autres à cause du titulaire de la licence et qui correspond à la zone de couverture et à une zone tampon). La zone de couverture peut aussi correspondre au nombre de personnes couvertes (spectateurs ou auditeurs potentiels).

– *Partage de ressources radioélectriques*

La taxe est différente selon que des systèmes à ressources partagées efficaces ou des systèmes radioélectriques individuels sont utilisés.

L'inconvénient de la taxation incitative est qu'aucune formule, pour complexe qu'elle soit, ne peut prendre en compte toutes les variations du marché.

Il faut donc faire preuve de beaucoup de circonspection pour fixer la taxe de concession si l'on veut éviter une grande différence entre la taxe et la valeur marchande. En outre, il peut ne pas être aisé de définir une formule de tarification incitative si elle doit refléter les variations de l'utilisation du spectre dans un pays. Enfin, la taxation incitative peut ne pas convenir pour tous les services.

6.4.1.1 Taxes d'utilisation du spectre incitatives calculées en fonction du coût d'opportunité³

Une méthode souvent utilisée pour déterminer la valeur d'une partie du spectre, dans le cas où est mise en place une tarification du spectre est celle d'une taxe basée sur le coût d'opportunité. Dans un système de taxation fondée sur le coût d'opportunité, on essaie de simuler la valeur marchande du spectre en calculant la valeur la plus satisfaisante en second choix pour le spectre considéré. Par exemple, le coût d'opportunité d'une licence PMR pour un taxi peut être l'abonnement à une licence GSM. Par conséquent, la valeur d'une licence PMR peut être basée sur la meilleure solution pour cette licence PMR, à savoir un abonnement GSM. Dans ce type de processus, il faudra peut-être procéder à une analyse financière, à des estimations de la demande ou à des études de marché pour faire une évaluation, et il faudra aussi de solides compétences techniques. Les formules de tarification fondées sur le coût d'opportunité présentent l'intérêt de viser directement l'objectif souhaitable, qui consiste à simuler la valeur commerciale, encourageant ainsi l'examen d'autres moyens de communication et la restitution, par les utilisateurs, de l'excédent de spectre.

De même qu'il est extrêmement difficile de définir une formule de tarification incitative qui tienne compte de toutes les variables pertinentes affectant le prix du spectre en un lieu déterminé, la simulation d'une adjudication publique s'avère non moins difficile et l'effort nécessaire pour mener à terme l'analyse peut dépasser le coût d'une enchère. Une telle simulation repose sur l'évaluation des décisions des consommateurs individuels et sur l'introduction, d'une façon ou d'une autre, de cette information dans un modèle applicable. A cet effet, les analyses financières ou les extrapolations peuvent également présenter une certaine utilité, bien que la simulation du marché reste toujours un exercice hautement approximatif. Ces méthodes ont toutefois des avantages par rapport à celles fondées sur les coûts, en termes de gestion du spectre pour équilibrer l'offre et la demande et maximiser la prospérité économique. Autre élément, par rapport aux enchères, la taxation incitative peut s'appliquer aux licences générales sur une longue période, alors que les adjudications publiques conviennent habituellement pour attribuer un certain nombre de licences d'une durée donnée à un moment donné.

6.4.1.2 Taxes d'utilisation du spectre incitatives calculées en fonction du revenu brut des utilisateurs

Une autre solution envisageable peut être celle d'une taxe calculée sur la base d'un pourcentage du revenu brut d'une société. La valeur du revenu brut utilisée dans le calcul de la taxe doit être directement liée à l'utilisation que la société fait du spectre afin d'éviter toute difficulté dans les opérations comptables et d'audit et de rapporter le revenu brut aux activités liées au spectre. Plus la taxe calculée sur la base du revenu brut de l'utilisateur se rapprochera de la valeur économique du spectre plus les objectifs seront atteints, comme indiqué dans le paragraphe sur les taxes d'utilisation du spectre incitatives.

Le Tableau 6-1 présente les aspects positifs et négatifs des approches traditionnelles fondées sur les coûts et des approches plus récentes fondées sur le marché en matière de taxation.

³ Voir Rapport final de la CE 2 de l'UIT-D, 1998 (Document 3).

TABLEAU 6-1

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Taxes simples	Applicables à tous les utilisateurs. Peuvent être mises en oeuvre sans de longues analyses et études pour établir un modèle de calcul de taxe et fixer le montant des diverses taxes selon l'application de radiocommunication. Sont faciles à mettre en oeuvre et permettent de recouvrer une partie ou la totalité du coût de délivrance d'une licence.	Les taxes ne correspondent pas aux coûts de l'administration ni à la valeur que l'utilisateur attache au spectre. Seules, elles ne favorisent pas l'efficacité technique ou la rentabilité dans l'utilisation du spectre.
Recouvrement des coûts	Les utilisateurs du spectre ont l'assurance de ne payer que les coûts générés par eux-mêmes pour l'organisme de gestion du spectre. Les taxes perçues auprès des contribuables ne servent pas à financer les activités de l'administration dont les bénéficiaires sont clairement identifiables.	Seules, elles ne favorisent pas l'efficacité technique ou la rentabilité dans l'utilisation du spectre. Il est très complexe que de répartir la totalité des coûts directs et indirects de l'organisme de gestion du spectre au moyen des modèles de calcul des taxes et des tarifs. En raison de restrictions juridiques ou pratiques (par exemple dans le cas d'exonération de licence/de licence générale), il se peut que toutes les activités de l'organisme de gestion du spectre ne soient pas financées par les taxes fondées sur le recouvrement des coûts.
Taxes fondées sur le revenu brut des utilisateurs	Lient le coût du spectre à la valeur des activités commerciales qui y ont recours. Simples à calculer.	Applicables uniquement aux utilisateurs dont les recettes sont directement liées à l'utilisation du spectre. N'encouragent pas une utilisation efficace du spectre si les recettes ne sont pas proportionnelles à la quantité de spectre utilisée. Peuvent être considérées comme des taxes supplémentaires.
Taxes incitatives	Encouragent une utilisation efficace du spectre. Recouvrement d'une partie ou de la totalité du coût de délivrance d'une licence, bien que ce ne soit pas l'objet de ces taxes.	Peuvent exiger un effort considérable pour déterminer approximativement la valeur marchande. Peuvent ne pas convenir pour tous les services.
Taxes fondées sur le coût d'opportunité	Bonne approximation de la valeur marchande du spectre. Encourage une utilisation efficace du spectre. Constitue une taxe incitative.	Peuvent nécessiter une quantité considérable de données et une analyse. Applicables uniquement à une partie limitée du spectre (il n'est tenu compte que des utilisateurs et des utilisations qui se font concurrence pour une bande de fréquences donnée).

6.5 Droits d'utilisation du spectre

La tarification du spectre a conduit quelques administrations et titulaires de licences à réexaminer les droits et autorisations liés à une licence, pour voir ce qu'ils comportent, comment ils devraient être définis et s'ils sont négociables. En général, il y a deux cas de figure: soit l'utilisation du spectre n'est pas assujettie à licence, et dans ce cas aucune licence individuelle n'est nécessaire, soit l'utilisation du spectre est assujettie à licence et

dans ce cas une licence est nécessaire. Dans le dernier cas uniquement, les licences peuvent être négociables et confèrent des droits d'utilisation du spectre spécifiques (durée d'utilisation, droits particuliers d'utiliser les fréquences à proximité de frontières, obligations de déploiement dans certains cas, etc.). Des conditions et des obligations peuvent même être définies pour utiliser en partage avec d'autres utilisateurs le spectre assujéti à licence.

6.5.1 Comment définir les droits d'utilisation du spectre

A certains égards, le spectre est comparable à un terrain, en ce sens qu'il peut être divisé en «lots» qui peuvent être transférés ou loués. Cela étant, le spectre n'est pas aussi facile à définir ou à délimiter que les terrains vu que la propagation radioélectrique n'est pas limitée par des frontières physiques. En outre, bien que l'expression «vente du spectre» soit souvent utilisée en rapport avec des adjudications publiques, il ne s'agit en réalité que d'un concept. Dans la pratique, c'est la licence qui est délivrée et une adjudication publique est un mécanisme commercial servant à l'attribuer.

L'étendue des droits d'exploitation du spectre obtenus par un utilisateur dépend de la licence et des conditions et exclusions y afférentes. Ces droits sont conférés à l'utilisateur lorsque le spectre est assigné. Ils couvrent habituellement des détails indiquant les caractéristiques techniques ou opérationnelles précises du système radioélectrique qui sera utilisé à partir d'un lieu déterminé ou dans une zone spécifiée.

Dans le cadre des mécanismes de concession conventionnels, il est admis que l'administration conserve, entre autres, le droit de modifier les conditions de la licence, de régler les plaintes pour brouillages et de prendre des décisions pour les questions relatives au spectre au plan international. L'instauration de la tarification du spectre, c'est-à-dire par le biais des adjudications publiques, a conduit les demandeurs de licences concurrents à s'interroger sur la portée des conditions auxquelles ils seront assujétis. Ces questions se sont posées pour les raisons suivantes:

- pour l'utilisateur du spectre, la licence est considérée comme un actif⁴ (quelle que soit la durée de la licence, mais plus la durée est longue, plus la valeur de la licence est élevée) qui peut servir à financer leurs programmes de développement. Moins les restrictions imposées pour l'utilisation du spectre sont nombreuses, plus la valeur de la licence est élevée et à l'inverse, plus les restrictions sont nombreuses, plus la valeur de la licence est faible;
- chaque adjudication est généralement assortie d'un ensemble de critères définissant les conditions dans lesquelles la licence d'utilisation du spectre sera mise aux enchères, ces conditions pouvant compléter un énoncé des droits d'utilisation du spectre accordés par la licence et des droits qui sont conservés par l'administration. Si les critères contredisent l'énoncé des droits d'utilisation du spectre ou ne reflètent pas exactement les droits liés à la licence, ils peuvent:
 - empêcher le déroulement de l'adjudication publique; ou
 - s'ils font ultérieurement l'objet d'un différend entre le concessionnaire et l'administration, susciter des doutes quant à la valeur de la licence – cela peut aussi se solder par une contestation juridique à l'égard de l'administration ou une demande de compensation.

Une définition claire des droits d'utilisation du spectre est très importante pour le processus d'enchères et ultérieurement le processus de mise en vente. A l'évidence, il est souhaitable qu'il y ait une certaine souplesse dans la définition des droits d'utilisation d'un concessionnaire, malgré des limites. En particulier, la possibilité pour le concessionnaire de modifier le service qu'il fournit peut poser des problèmes, en particulier lorsqu'il y a un certain nombre de pays ayant de nombreuses frontières proches les unes des autres, à savoir:

- problèmes techniques et problèmes de brouillages que peuvent poser différents types de services exploités dans la même bande de fréquences ou à la même fréquence;
- incidence de la modification par le concessionnaire du service qu'il fournit (pour tirer parti des changements intervenus dans les conditions du marché) sur les utilisateurs du service existant.

⁴ Dans la présente section, le terme «actif» n'est pas employé au sens comptable normal.

Dans le premier cas, même s'il est possible d'exploiter certains services dans la même bande de fréquences, la situation doit être examinée au cas par cas. La question de la protection contre les brouillages transfrontaliers se pose aussi si une attribution nationale n'est pas conforme à l'Article 5 du RR.

Dans le deuxième cas, le concessionnaire peut être confronté à des problèmes d'ordre pratique lorsqu'il modifie le service qu'il fournit puisqu'il doit probablement recouvrer tout investissement effectué dans son service/système initial, et toute évolution vers un nouveau service devrait tenir compte de ce facteur ainsi que du nombre d'années d'exploitation restant au titre de la licence. Par ailleurs, d'autres facteurs peuvent influencer sur le recouvrement de l'investissement (tant celui qui a été effectué dans le service existant que celui qui est projeté pour le service de remplacement), comme la disponibilité d'un nouvel équipement pour le service de remplacement, le temps nécessaire pour mettre en oeuvre ce service et tout nouvel équipement destiné aux utilisateurs. Mais dans un environnement concurrentiel maximisant le profit, le titulaire de la licence lui-même est le mieux à même de prendre ces décisions.

6.5.2 Rôle d'une administration dans la définition des droits d'utilisation du spectre

Les droits d'utilisation du spectre conservés par une administration sont importants pour cette dernière et pour tout requérant entrant en concurrence pour le spectre. Ils le sont aussi pour les pays voisins⁵. De ce fait, en conférant au concessionnaire des droits plus étendus et éventuellement le pouvoir de modifier des aspects ou des caractéristiques techniques du service fourni, l'administration doit s'assurer qu'en définissant les droits d'utilisation du spectre, les droits des pays voisins sont garantis. Cela vaut aussi pour les utilisateurs de fréquences voisines dans le pays même. Sur le plan international, l'administration devrait conserver les droits d'utilisation du spectre nécessaires pour:

- assurer le point de contact international pour les questions touchant aux radiocommunications;
- contrôler tous les signaux radioélectriques émis depuis son territoire;
- s'acquitter de ses obligations au titre des accords et traités internationaux (par exemple la Constitution de l'UIT); l'administration devrait en outre conserver le droit de rentrer en possession du spectre avant l'expiration de la licence, si cela s'avérait nécessaire, afin de satisfaire par exemple aux prescriptions d'un accord international visant à réattribuer le spectre sur une base régionale ou mondiale.

Les droits d'utilisation du spectre indiqués ci-dessus sont probablement les droits minimaux qu'une administration peut vouloir conserver et, en réalité, il peut exister des prescriptions additionnelles selon la législation nationale et selon la structure et l'organisation du processus national de gestion du spectre.

6.5.3 Durée de la licence

La durée de la licence varie selon les pays. En général, elle peut être comprise entre 1, 5 ou 10 ans, mais certaines licences spéciales peuvent être d'une durée plus courte et dans certains pays, les licences peuvent être d'une durée indéterminée, sous réserve du paiement d'une taxe annuelle. Ce paiement annuel ne donne pas droit à une licence annuelle. Des durées plus longues n'impliquent pas automatiquement une plus grande sécurité de jouissance car cela dépend des conditions dont la licence est assortie. Toutefois, avec un renouvellement annuel, il est peut-être plus facile et pratique pour l'administration de résilier une licence, par rapport aux procédures de résiliation appliquées lorsqu'il reste plusieurs années d'exploitation au titre de la licence. Mais dans un régime de licences, de taxation incitative et de négociabilité, une licence perpétuelle présenterait en fin de compte les meilleures caractéristiques étant donné que, sur un marché décentralisé, les pouvoirs publics souhaitent intervenir le moins possible.

6.5.4 Droits d'utilisation du spectre transférables

Aucun mécanisme d'assignation ne peut tenir compte d'un opérateur arrivant ultérieurement qui peut faire un meilleur usage du spectre et l'administration a donc besoin d'un mécanisme pour s'assurer que le spectre

⁵ A cet égard, les pays voisins dépendent des distances de propagation, qui peuvent s'étendre jusqu'à environ 1 500 km et peut-être plus selon les fréquences et selon que le trajet de propagation est terrestre ou maritime.

continue à être utilisé avec efficacité. Deux solutions à cette question ont été examinées dans un certain nombre de pays.

- *Droits d'utilisation transférables* – transfert des droits d'un concessionnaire, en partie ou en totalité, à une tierce partie.
- *Droits d'utilisation flexibles* – autorisation pour un concessionnaire de modifier ses droits et donc de modifier les techniques de modulation, les densités démographiques, les puissances d'émission, les fréquences, etc.

Ou une combinaison de ces deux approches.

Dans quelques pays, la transférabilité et/ou la flexibilité des droits est possible avec l'autorisation de l'administration au titre de la législation en vigueur. Toutefois, cela implique directement l'administration dans le processus de décision et impose probablement des retards et des contraintes.

La définition de ces droits d'utilisation devrait être aussi claire que possible mais aussi la moins restrictive possible (flexible) pour éviter des contraintes inutiles concernant leur exercice et assurer une totale rentabilité. La définition la moins restrictive permettrait au titulaire de la licence de choisir les services qu'il veut fournir aux utilisateurs finals pour autant qu'aucun brouillage ne soit causé à d'autres utilisateurs du spectre. A l'autre extrémité de l'échelle, la forme la plus restrictive des droits d'utilisation du spectre limite la transférabilité dans le cadre d'une attribution donnée et d'un ensemble de paramètres techniques rigoureusement définies, mais cela pourrait ne pas assurer une flexibilité suffisante pour garantir l'efficacité économique. On trouvera une solution acceptable quelque part entre ces deux extrêmes en établissant un équilibre acceptable entre l'efficacité économique et les paramètres techniques restrictifs, ce qui peut être obtenu, dans certaines circonstances, en permettant au concessionnaire de négocier ses droits d'émission.

6.5.5 Marché secondaire

L'instauration de droits d'utilisation transférables dans le respect des clauses de la licence et dans les limites de la zone géographique permet de créer un marché secondaire. Tout dépend de la demande et de l'offre de fréquences et de licences dans une certaine gamme de fréquences et aussi de la structure du marché dans ces pays (marché dynamique ou statique). Un marché secondaire aurait besoin à la fois de droits d'utilisation transférables et de licences offrant une sécurité de jouissance et une durée d'exploitation adéquates. La possibilité de négocier le spectre favorise une utilisation efficace de cette ressource en offrant un mécanisme permettant aux titulaires de licences de retirer un gain économique de toute partie du spectre dont ils n'ont plus besoin ou qui peut être vendue avec un bénéfice plus important que celui retiré avec l'exploitation de la licence.

Tout transfert de droits doit être enregistré auprès de l'organisme de gestion du spectre dans une sorte de «registre des fréquences et des propriétaires» et, comme tout autre marché, une «autorité anti-trust» est nécessaire pour s'assurer que la concurrence est équitable et pour éviter les positions dominantes sur le marché. Une législation en matière de concurrence est nécessaire pour éviter les positions dominantes sur le marché des titulaires de licences (monopoles) qui pourraient aboutir à un phénomène de thésaurisation du spectre et à des ententes sur les prix. Si un marché du spectre doit se développer, il sera probablement nécessaire de favoriser la création de nouvelles organisations fournissant des services de revente des fréquences et peut-être des services de commercialisation du spectre.

TABLEAU 6.2

Détermination du prix du spectre

Thèmes	Sous-thèmes	Paragraphe n°
Tarification incitative du spectre («valeur» du spectre)	<ul style="list-style-type: none"> – «variables économiques» utilisées pour calculer la taxe (formule de calcul de la taxe): <ul style="list-style-type: none"> – largeur de bande – exclusivité – emplacement géographique – couverture – etc. – taxes basées sur le revenu brut – taxes basées sur le coût d'opportunité 	§ 6.4; § 6.4.1 § 6.4.1b) § 6.4.1a) § 6.4.1c)
Taxes basées sur les coûts	– taxes basées sur tous les types de système d'imputation des coûts/calculs	§ 6.2.2.2 § 6.2.3
Taxes simples	Taxe simple pour le privilège d'utiliser une ressource publique	§ 6.2.2.1 § 6.3.4
Enchères «Offres comparatives» Evaluations comparatives	Prix offert par le soumissionnaire qui a remporté l'enchère	§ 6.4.2 § 6.3.2
Marché secondaire	Transfert des «droits d'utilisation des fréquences» après paiement des droits par le nouvel utilisateur à l'ancien utilisateur	§ 6.5.3 § 6.5.1.4 § 6.5.1.5

Il convient de noter qu'il ne s'agit pas nécessairement de faire un choix entre les différents types de tarification indiqués ci-dessus. Différents types de tarification peuvent coexister à l'intérieur d'un même pays ou différents éléments de tarification peuvent être combinés entre eux.

6.5.6 Comment gérer la transition dans le financement de la gestion du spectre

L'importance des avantages économiques dépend de l'efficacité d'utilisation et de la bonne gestion du spectre. La mise en oeuvre d'une tarification du spectre et de droits d'utilisation du spectre peut avoir une incidence non négligeable sur le processus de gestion du spectre.

En fait, un régime d'enchères, de tarification et de marchandisation du spectre est le résultat du passage du régime traditionnel de gestion des fréquences dit «de commande et de contrôle» à un régime reposant sur les mécanismes du marché. En dernière analyse, le principal objectif de cette transition est de laisser le titulaire de la licence décider du type d'utilisation du spectre et de la quantité de spectre dont il ou elle a besoin pour maximiser son profit dans un environnement concurrentiel orienté vers le marché («attribution décentralisée»). Cela suppose un mode de réflexion différent de la part des administrations, une réduction de leur rôle et l'abandon d'une définition détaillée de qui peut utiliser les fréquences et dans quelles conditions. Cette nouvelle approche et cette évolution sont considérées comme nécessaires sur un marché mondial des TIC concurrentiel où les avancées techniques et le rythme des innovations sont très rapides. Une approche de la gestion des fréquences plus souple, orientée sur le marché serait économiquement plus avantageuse pour la société.

6.5.7 Coût du redéploiement du spectre (méthode de gestion du spectre)

La présente section est fondée sur l'expérience de la France. Cela étant, les principes généraux recensés peuvent aussi bien s'appliquer à d'autres pays. Cette question est actuellement étudiée par la Commission d'études 1 des radiocommunications (voir la Recommandation UIT-R SM.1603). Un exemple de redéploiement du spectre est basé sur l'expérience de la France. Les principes généraux qui ont été définis peuvent toutefois s'appliquer à d'autres pays (voir l'Annexe 2). Il faut aussi garder à l'esprit, que dans un régime en pleine évolution où la négociabilité est de plus en plus utilisée, l'instrument de redéploiement du spectre dont dispose le gouvernement central pourrait perdre de son importance par rapport à d'autres solutions.

ANNEXE 1

DU CHAPITRE 6

**Une application de la tarification du spectre
(Nouvelle-Zélande)**

Au titre de la Loi de 1989 sur les radiocommunications, la Nouvelle-Zélande a instauré un système de gestion du spectre fortement axé sur les principes du marché. Des «droits de gestion» à l'échelle nationale concernant des bandes de fréquences déterminées et valables pendant 20 ans ont été concédés par le Ministère du commerce dans le cadre d'adjudications publiques. Ces droits de gestion peuvent être négociés, subdivisés ou regroupés. Le détenteur de droits de gestion concède des «droits de licence» d'une durée spécifiée à lui-même ou à d'autres utilisateurs potentiels, le détenteur des droits de licence étant habilité à installer des émetteurs radioélectriques d'une fréquence de porteuse, d'une puissance et d'un type d'émission spécifiés en des lieux bien définis, ces émetteurs devant être utilisés à toute fin, quelle qu'elle soit, choisie par le détenteur des droits de licence. Celui-ci acquitte une taxe annuelle afin de couvrir les coûts encourus par le Ministère et il lui incombe de veiller à ce que le rayonnement dépassant les limites de fréquences indiquées dans son contrat ne soit pas supérieur à des niveaux déterminés. Ces droits de licence sont également négociables. Les bandes de fréquences exclues de ce système, y compris les bandes dans lesquelles les phénomènes de brouillages internationaux risqueront de poser des problèmes, continuent d'être gérées par le Ministère du commerce.

L'approche radicale adoptée par la Nouvelle-Zélande n'a pas été suivie ailleurs à ce jour. De fait, l'isolement géographique de ce pays permet probablement de mettre en oeuvre des pratiques qui ne seraient pas applicables ailleurs. Cela étant, une série de mesures bien plus limitées de tarification du spectre, qui associent les impératifs économiques à des méthodes plus conventionnelles de gestion du spectre, ont été instaurées dans plusieurs pays, par exemple en ce qui concerne les systèmes de radiocommunication privés.

ANNEXE 2

DU CHAPITRE 6

Coût du redéploiement du spectre (France)

1 Intérêts qui motivent la décision de redéployer le spectre

La communauté, dans son ensemble, doit tirer un profit suffisant d'un redéploiement des bandes de fréquences radioélectriques pour que l'autorisation soit justifiée. En termes économiques, cet avantage se traduit par une maximisation de la rente pour la communauté. Autrement dit, on doit atteindre un point d'équilibre tel qu'aucune autre utilisation du spectre ne peut accroître cette rente, selon le critère d'optimalité de Pareto.

Pour chercher ce point d'équilibre, il est utile de comparer les préférences (utilité) des divers acteurs concernés. Ces fonctions d'utilité sont exprimées en termes de valeur privée et de valeur sociale pour la communauté. La valeur privée correspond au profit que la communauté peut retirer de l'utilisation des bandes de fréquences, tandis que la valeur sociale correspond à l'importance du service pour la société en général. Le calcul de la valeur privée est assez simple, alors que la quantification de la valeur sociale est relativement complexe. Il est possible d'évoquer la notion d'«opportunité» pour essayer d'évaluer la valeur sociale du service, autrement dit en calculant ce que l'absence du service coûterait à la communauté.

S'agissant du redéploiement du spectre, il est nécessaire de comparer en termes de valeur privée et de valeur sociale l'utilité pour l'agent auquel il est demandé de renoncer à des bandes de fréquences et l'utilité pour l'agent entrant.

Soit U_{sortant} et U_{entrant} les utilités respectives (comprenant la valeur privée et la valeur sociale) de l'opérateur qui abandonne le spectre et de l'opérateur qui le remplace. Soit C_{retrait} le coût du redéploiement du spectre pour le sortant:

- si $U_{\text{entrant}} > U_{\text{sortant}} + C_{\text{retrait}}$, alors le retrait est optimal du point de vue social et économique,
- si $U_{\text{entrant}} < U_{\text{sortant}}$, alors le retrait n'est pas optimal du point de vue social et économique, et
- si $U_{\text{sortant}} < U_{\text{entrant}} < U_{\text{sortant}} + C_{\text{retrait}}$, alors un choix doit être opéré.

2 Coût du redéploiement

On part de l'hypothèse que, par suite du redéploiement du spectre, l'utilisateur d'une bande de fréquences est obligé de renoncer à la bande de fréquences qu'il exploite et de poursuivre son activité sur une autre bande ou de recourir à une solution non radioélectrique lorsqu'il le peut. Pour cet utilisateur, l'obligation d'abandonner la bande de fréquences peut entraîner un coût «additionnel» qu'il n'aurait pas encouru autrement. Ce coût additionnel sera ci-après désigné par l'expression «coût de redéploiement». Le coût C_{retrait} examiné précédemment fait partie du coût de redéploiement.

Dans le secteur des télécommunications en particulier, la valeur de revente de l'équipement utilisé dans le cadre du transfert n'est généralement pas connue. Les investissements effectués dans les réseaux concernés sont souvent appelés «coûts irréversibles» pour les utilisateurs, ce qui signifie que si l'activité prend fin, les utilisateurs ne peuvent pas récupérer leurs investissements. Le calcul de la valeur résiduelle permet de déterminer la valeur théorique de l'équipement en question lorsqu'il ne peut pas être revendu. Il est utile de faire la distinction entre la valeur comptable résiduelle et la valeur économique résiduelle. C'est pourquoi deux méthodes sont envisagées et présentées ci-après pour le calcul du coût de redéploiement:

- calcul à l'aide de la valeur comptable résiduelle;
- calcul à l'aide de la valeur économique résiduelle.

3 Calcul du coût de redéploiement à l'aide de la valeur comptable résiduelle

La méthode de la valeur comptable est appliquée en particulier lorsque l'opérateur sortant tient une comptabilité normale. En outre, dans le cas d'une activité commerciale, cette méthode prend en compte les avantages fiscaux dont l'opérateur sortant a bénéficié en ce qui concerne l'amortissement de ses équipements.

3.1 Evaluation du coût encouru par l'utilisateur en abandonnant la bande de fréquences

Transfert à une autre partie du spectre ou abandon du spectre

Il faut d'abord déterminer si l'utilisateur sortant doit utiliser des fréquences radioélectriques s'il poursuit son activité. Dans l'affirmative (comme par exemple dans le cas d'un exploitant de services mobiles), l'utilisateur sortant est transféré à une autre bande de fréquences et le coût «Cd» de ce passage à une autre partie du spectre est évalué. Dans la négative (comme par exemple dans le cas d'un organisme qui possède des lignes radioélectriques fixes), les deux hypothèses suivantes doivent être envisagées:

- l'utilisateur est transféré à une bande de fréquences différente et le coût Cd est évalué;
- l'utilisateur renonce à utiliser les fréquences en faveur d'un système filaire de remplacement et le coût Cs est évalué, ce qui correspond à l'abandon pur et simple du spectre radioélectrique.

Le choix entre les deux hypothèses, compte tenu uniquement des critères économiques, conduit à adopter la solution la moins onéreuse.

Soit Ci le coût encouru par l'utilisateur lorsqu'il abandonne la bande de fréquences exploitée. Ci est égal à Cd si l'utilisateur doit occuper une bande de fréquences différente, ou encore à Cd ou Cs (le coût le plus bas étant retenu) si l'utilisateur a la possibilité d'adopter une solution filaire.

3.2 Valeur comptable résiduelle Vcr

Cette méthode tient compte de l'âge de l'équipement de l'utilisateur sortant, la valeur comptable résiduelle «Vcr» de cet équipement étant prise en considération. La définition habituelle de la valeur comptable résiduelle d'un élément d'un équipement est la suivante:

$$Vcr = \text{prix d'achat de l'équipement prêt à être utilisé moins l'amortissement}$$

Vcr représente la valeur de la partie de l'équipement qui doit encore être amortie. Si, à ce stade de l'amortissement, le propriétaire de l'équipement ne peut plus l'utiliser, la perte encourue sera égale à Vcr, selon les principes comptables.

3.3 Coût de renouvellement

En raison de l'évolution technologique et du vieillissement de l'équipement, l'opérateur qui occupe une bande de fréquences est appelé à renouveler son équipement même en l'absence de tout changement de fréquences. Soit Cr le coût de renouvellement de l'équipement, les caractéristiques de celui-ci étant identiques et la même bande de fréquences étant utilisée. Dans ce cas, Cr représente le coût encouru par cet utilisateur même en l'absence de tout redéploiement du spectre.

3.4 Calcul du coût de redéploiement

Soit un utilisateur d'une bande de fréquences dont l'équipement a la valeur comptable résiduelle Vcr et qui doit abandonner sa bande à cause d'un redéploiement. Cela signifie qu'il doit dépenser une somme égale à Ci (voir le § 3.1) pour pouvoir poursuivre ses activités. L'abandon de la bande signifie probablement qu'il lui est impossible d'utiliser l'équipement existant, ce qui cause une perte égale à Vcr (voir le § 3.2). S'il continuait à utiliser la bande, il aurait à dépenser une somme égale à Cr (voir le § 3.3). Nous avons donc la relation suivante:

$$\text{Coût de redéploiement} = \text{coût additionnel pour l'utilisateur qui doit abandonner} \\ \text{la bande de fréquences} = Ci + Vcr - Cr$$

Remarques:

- Si le calcul donne un coût de redéploiement négatif, cela veut dire que l'utilisateur a intérêt à abandonner volontairement la bande de fréquences qu'il occupe.

- Pour calculer le coût de redéploiement d'une bande de fréquences, il est indispensable, dans chaque cas, de procéder à une expertise pour établir le coût réel du réseau existant et du nouveau réseau.

Les résultats du calcul dépendent fortement du niveau d'amortissement et de l'architecture du réseau existant.

4 Calcul du coût de redéploiement à l'aide de la valeur économique résiduelle

L'approche économique permet, entre autres, de laisser de côté les deux aspects suivants:

- le fait que la durée utile de l'équipement peut être différente de la durée utilisée à des fins comptables⁶ (déterminée selon la durée d'amortissement);
- la possibilité que l'utilisateur sortant n'applique pas un système d'amortissement.

Analyse de la valeur des réseaux

Lorsque l'opérateur entrant a reconnu qu'il est intéressant pour lui de recourir aux ondes radioélectriques pour fournir son service et qu'il est établi que la valeur pour l'opérateur entrant est supérieure à celle qui correspond à l'opérateur sortant, majorée du coût du transfert (c'est-à-dire $U_{entrant} > U_{sortant} + C_{retrait}$), l'opérateur sortant a le choix entre cinq possibilités:

- *Cessation de son activité*: l'opérateur sortant fournit un service dont la valeur sociale est faible, dont la technologie est dépassée ou qui n'est plus justifié; dans tous ces cas, il est préférable que l'opérateur sortant mette fin à son activité.
- *Partage de bandes de fréquences pour un seul service*: l'opérateur existant utilise des fréquences, mais d'une manière inefficace, ou est incapable de justifier la quantité de spectre mise à sa disposition; dans ce cas, il pourrait, sans inconvénient technique, accepter qu'un autre opérateur s'installe pour fournir le même service.
- *Partage de bandes de fréquences entre différents services*: l'opérateur entrant peut exploiter la bande de fréquences hôte sans que l'opérateur existant soit tenu de partir et ce dernier peut aussi continuer à exploiter le spectre sans brouillages de la part de l'opérateur entrant. C'est la solution du partage de fréquences en vue de différentes utilisations.
- *Transfert de l'activité de l'opérateur sortant sur autre bande de fréquences hôte*: l'opérateur entrant a l'usage exclusif de la totalité de la bande de fréquences et l'opérateur existant doit transférer son activité sur une autre bande de fréquences.
- *Transfert de l'activité de l'opérateur sortant sur une plate-forme totalement différente*: l'opérateur entrant veut avoir un usage exclusif de la totalité de la bande de fréquences et l'opérateur existant doit transférer son activité. A l'examen, il s'avère que le coût de déploiement de l'activité de l'opérateur sortant sur d'autres bandes de fréquences est plus élevé que le coût de déploiement de la même activité sur un support filaire (câble, fibres optiques, etc.). Il est préférable, lorsque le service reste inchangé, que l'opérateur sortant renonce purement et simplement à exploiter les bandes de fréquences et passe à une autre plateforme.

Chacun de ces cas peut être traité par une étude économique des différentes possibilités d'investissement.

⁶ L'amortissement comptable est différent de l'amortissement économique. L'équipement qui est entièrement amorti peut souvent continuer à être utilisé pendant plusieurs années avant d'être remplacé. Concrètement, l'amortissement économique est la somme de l'amortissement (perte de la valeur nominale de l'équipement au cours d'une année) et de la rémunération du capital immobilisé au taux d'actualisation k (ou coût du capital). Seule la rémunération de cette partie du capital qui est financée par les emprunts (endettement) est incluse dans les frais financiers enregistrés dans les comptes. En conséquence, l'amortissement comptable correspondant au coût d'une utilisation constante (investissement divisé par la durée de vie de l'équipement utilisée dans les livres comptables) et à des frais financiers décroissants est différent, en matière de couverture de l'amortissement économique. Pour celui-ci, la rémunération est appliquée à la valeur totale de l'investissement, vu qu'une partie du financement est en fait obtenu en interne. Sont donc couverts à la fois l'équivalent des frais financiers et la rémunération de l'investissement à partir des ressources propres (rémunération des actionnaires, etc.).

En ce qui concerne les travaux effectués en France au sujet du dégroupage de la boucle locale et le calcul du coût des réseaux, on examine le coût du redéploiement du spectre en comparant différentes options (là encore appelées «configurations»). Prenons le cas de l'opérateur qui doit quitter la bande de fréquences occupée (en totalité ou en partie) et passer à une bande ou une plateforme différente (ou tout simplement ajuster l'usage qu'il fait de la bande de fréquences pour accepter un autre opérateur). Le retrait de l'opérateur (appelé opérateur sortant) ne doit pas se faire à son détriment. Le transfert doit comporter une incitation pour l'opérateur sortant, sinon il n'abandonnera pas la bande de fréquences ou essaiera de différer son départ. De même, le transfert de l'opérateur ne doit pas permettre d'engranger des bénéfices. En conséquence, un point d'équilibre doit être trouvé par le calcul d'une compensation «équitable». C'est possible en comparant la situation de l'opérateur sortant qui doit supporter le coût du transfert et celle du même opérateur s'il ne devait pas partir et s'il supportait uniquement le coût de renouvellement de son équipement.

5 Fonds de redéploiement et procédures de redéploiement

5.1 Fonds de redéploiement

Le fonds est géré par l'organe chargé de gérer le spectre (Agence nationale des fréquences, ANFR) avec un budget propre qui est strictement isolé du budget général de l'ANFR. Il peut être financé de plusieurs façons, notamment des contributions d'entités publiques pour les besoins du redéploiement. A ce jour, la seule contribution provient du Ministère des finances.

Le Ministère des finances fournit la part initiale du fonds, d'un montant annuel de 3 millions d'euros, à laquelle s'ajoute un montant additionnel déterminé chaque année au cas par cas compte tenu des cas traités. De 1997 à 2001, la contribution du Ministère des finances s'est élevée à 65 millions d'euros en raison des transferts nécessaires pour prendre en charge les applications GSM 1800, IMT-2000 et SRD (y compris la technique Bluetooth). Ultérieurement, les contributions émaneront aussi du secteur privé. Les utilisateurs peuvent être appelés à contribuer au fonds au moment où ils obtiennent les nouvelles bandes de fréquences. Par exemple, les opérateurs GSM contribueront en 2002 au fonds pour les fréquences additionnelles dans la bande de 1,8 GHz et les opérateurs de systèmes IMT-2000 le feront juste après l'octroi des autorisations, c'est-à-dire en septembre 2001.

Les ministères et les organismes indépendants (ou les entités déléguées à cet effet) bénéficiant du fonds de redéploiement signent une convention de redéploiement avec l'ANFR.

Le Conseil d'administration de l'ANFR, dans lequel tous les ministères et organismes intéressés sont représentés, approuve ces conventions. Le montant total cumulé représenté par les conventions signées au 30 juin 2002 s'élève à 59 millions d'euros. Les entités qui ont déjà bénéficié du fonds de redéploiement sont principalement l'opérateur France Télécom et le Ministère de la défense, les autres bénéficiaires étant notamment l'EDF et la SNCF.

5.2 Procédures de redéploiement

Les procédures sont initiées par la partie de l'administration chargée d'assigner les fréquences avant la réattribution de la bande de fréquences. En France, les organes chargés de cette fonction sont appelés «affectataires».

A leur demande, les tâches déléguées par l'Etat à l'ANFR sont les suivantes:

- préparer l'évaluation des divers éléments de coût et définir les principes de redéploiement;
- proposer un calendrier pour le redéploiement;
- organiser la supervision de la procédure;
- gérer le fonds de redéploiement.

Pour mener à bien ces tâches, l'ANFR compte sur un certain nombre de commissions au sein desquels le consensus est recherché et dégagé. Les commissions intervenant dans le redéploiement sont les suivantes:

Commission pour la planification des fréquences (CPF).

La Commission reçoit, examine et coordonne les demandes de fréquences émanant des affectataires.

Elle assume les tâches suivantes:

- établir et maintenir à jour le Tableau d'attribution des bandes de fréquences national et harmoniser, selon qu'il sera nécessaire, l'utilisation des bandes de fréquences;
- examiner toutes les questions relatives à l'utilisation et à l'attribution des fréquences ayant des répercussions nationales ou internationales;
- donner des directives à la Commission d'assignation des fréquences (CAF), qui doit lui rendre des comptes et pour laquelle la Commission est l'organe d'appel.

Commission de synthèse et prospective des radiocommunications (CSPR).

La CSPR contribue à l'analyse prospective du spectre radioélectrique en vue d'optimiser son utilisation par le secteur public et le secteur privé, et présente des propositions sur les règles de la CEM, l'ingénierie du spectre et les normes requises pour assurer une utilisation correcte des systèmes radioélectriques.

La CSPR réunit les représentants des services concernés, ainsi que ceux des opérateurs de réseaux ouverts au public et des industries concernées.

Elle fonctionne avec l'aide de quatre sous-commissions:

- Commission de compatibilité électromagnétique (CCE);
- Commission de valorisation du spectre (CVS);
- Commission des revues du spectre (CRDS);
- Commission du fonds de réaménagement du spectre (CFRS).

Habituellement, toutes les décisions sont prises par consensus. Cependant, lorsque cela n'est pas possible, la décision est prise par le Conseil d'administration de l'ANFR, qui est l'organe décisionnel de rang le plus élevé pour les questions liées au spectre. Une procédure d'appel peut être engagée auprès du bureau du Premier Ministre à la demande d'un membre du Conseil d'administration de l'ANFR.

A ce jour, tous les cas de redéploiement ont été traités selon la procédure usuelle, le consensus étant obtenu au sein des commissions concernées et une transparence complète étant garantie.

ANNEXE 3

DU CHAPITRE 6

**Exemple d'enchères de spectre
(République de Corée)****1 Introduction**

Les enchères de spectre permettent de déterminer le prix des assignations de fréquence pour les communications mobiles commerciales sur un marché concurrentiel, on applique une méthode d'enchères pour l'assignation des fréquences lorsqu'il est difficile de fixer un prix standard sur le marché.

Dans le passé, l'assignation des fréquences pour les communications mobiles était subordonnée au versement de droits d'utilisation du spectre, ce qui ne reflétait pas parfaitement la valeur économique et la valeur marchande du spectre. Le processus d'enchères comme méthode d'assignation des fréquences basée sur le marché a été adopté pour faire face à l'augmentation de la demande de fréquences qui constituent une ressource limitée.

Il a été établi que les enchères de spectre, pour ce qui est des opérateurs mobiles, sont un moyen efficace d'attribuer des ressources de spectre finies dans un marché concurrentiel.

La République de Corée souhaite faire part de l'expérience très riche qu'elle a acquise en ce qui concerne l'assignation de fréquence pour les communications mobiles; ce processus s'est fait dans un laps de temps relativement court par rapport à d'autres pays.

2 Historique

Le plan de révision de la Loi sur les ondes radioélectriques, y compris la mise en place d'un système d'enchères de spectre, a été approuvé en juillet 2010 et est entré en vigueur le 1er janvier 2011.

Dans la Loi révisée, l'assignation des fréquences sur la base d'une concurrence des prix (enchère par exemple) est devenue la méthode utilisée en priorité. Il est toutefois possible d'attribuer des fréquences aux opérateurs mobiles autrement que par enchère, par exemple en facturant des droits d'utilisation du spectre dans d'autres circonstances particulières lorsqu'il n'y a pas de concurrence pour les fréquences particulières demandées.

Lorsque l'assignation de fréquence est basée sur le prélèvement d'un droit d'utilisation du spectre, la valeur économique du spectre qui découle de la valeur de la bande de fréquences et de la largeur de bande du système, devrait être prise en considération. Les éléments suivants devraient eux aussi être pris en compte:

- Efficacité d'utilisation de la ressource radioélectrique
- Capacité financière du requérant
- Capacité technique du requérant
- Caractéristiques techniques des fréquences qui seront assignées, incidence de cette attribution de fréquences sur le secteur des télécommunications et autres précisions nécessaires.

3 Méthode des enchères

La vente aux enchères des trois bandes 800 MHz, 1,8 MHz et 2,1 MHz doit se faire simultanément et la méthode utilisée doit être celle des enchères ascendantes simultanées. Le vainqueur est désigné à l'issue de plusieurs tours (voir le § 6.4.1).

L'enchère minimale est l'enchère la plus basse (prix plancher) parmi toutes les enchères possibles et cette enchère augmente tour après tour.

Le prix de l'enchère minimale est un prix réservé pendant le premier tour et à partir du deuxième tour on calcule ce prix en ajoutant un incrément au premier prix d'enchère du tour précédent.

A la fin de chaque tour, il est pris note de l'enchère la plus élevée pour chaque bande de fréquences. L'enchère minimale pour chaque bande de fréquences au début du tour suivant est notifiée à tous les soumissionnaires.

4 Déroulement et résultats de la mise aux enchères du spectre

4.1 Première enchère de la mise aux enchères du spectre

Août 2011.

4.2 Fréquences qui seront assignées

Les fréquences ciblées étaient la bande des 800 MHz (largeur de bande: 10 MHz), la bande des 1,8 GHz (largeur de bande 20 MHz) et la bande des 2,1 GHz (largeur de bande 20 MHz).

La largeur de bande pour les fréquences assignées ne doit pas dépasser 20 MHz par opérateur.

4.3 Date d'assignation

La bande des 800 MHz a été assignée le 1er juillet 2012, celles des 1,8 et 2,1 GHz seront assignées une fois connue la date des résultats. La durée d'utilisation des fréquences est de 10 ans à compter de la notification de l'assignation des fréquences.

4.4 Prix compétitif minimal

L'enchère minimale était de 261 milliards de KRW pour la bande des 800 MHz, de 445,5 milliards de KRW pour la bande des 1,8 GHz et de 445,5 milliards de KRW pour la bande des 2,1 GHz. Les fréquences assignées et les résultats de l'enchère sont résumés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1
Fréquences assignées et résultats des enchères

Bande	Fréquence assignée [MHz]		Date de l'assignation	Durée de l'assignation	Prix offert
	Supérieure	Inférieure			
800 MHz	819-824	864-869	1er juillet 2012	10 ans	261 milliards KRW (A Corp)
1,8 GHz	1 755-1 765	1 850-1 860	Date de notification	10 ans	995 milliards KRW (B Corp)
2,1 GHz	1 920-1 930	2 110-2 120	Date de notification	10 ans	445,5 milliards KRW (C Corp)

4.5 En Corée, la mise en oeuvre du système d'enchères est jugée positive et elle est également considérée comme une base pour une future politique commerciale d'assignation de fréquence.

5 Conclusion

Après avoir examiné le processus des enchères et les résultats, le gouvernement a reconnu que ces enchères s'étaient déroulées dans un environnement stable et avait amélioré l'équité et l'efficacité des assignations de fréquence.

Bibliographie

Textes de l'UIT-R

Rap. UIT-R SM. 2012-2 Aspects économiques de la gestion du spectre

Textes de la CEPT

Rap. 53 de la CEE «Systèmes comptables et d'imputation des coûts utilisés pour financer la gestion des radiocommunications dans les pays de la CEPT».

CHAPITRE 7

Automatisation des opérations de gestion du spectre**Table des matières**

	<i>Page</i>
7.1	Introduction..... 217
7.2	Application aux opérations de gestion du spectre..... 217
7.2.1	Quand l'automatisation du processus de gestion du spectre est-elle nécessaire?..... 218
7.2.2	Avantages de l'automatisation du processus de gestion du spectre 219
7.3	Principaux éléments d'un système de gestion automatisée du spectre 220
7.4	Passage des systèmes manuels aux systèmes informatisés 222
7.5	Conclusion 224
	Références bibliographiques 225
	ANNEXE 1 – Système informatisé de gestion du spectre (SMS4DC) 226
1	Introduction..... 226
2	Réalisation et caractéristiques du logiciel SMS4DC 226
3	Principales fonctions du logiciel SMS4DC..... 227
	ANNEXE 2 – Gestion du spectre radioélectrique en Malaisie (étude de cas) 228
	ANNEXE 3 – Description du système de gestion et de contrôle du spectre (SAAGER) 230
1	Introduction..... 230
2	Système de gestion du spectre 231
3	Contrôle du spectre 235
4	Utilisation du système par la CONATEL 239
5	Expérience d'autres organismes en ce qui concerne le système de gestion automatisée du spectre utilisé par la CONATEL..... 241
	ANNEXE 4 – Exemple de logiciel et d'automatisation pour la gestion du spectre en Europe centrale et orientale..... 243
	ANNEXE 5 – Gestion nationale des fréquences en Turquie..... 247
	ANNEXE 6 – Mise à niveau des systèmes de gestion du spectre existants 257
1	Généralités 257
2	L'enjeu..... 257
3	Situation existante..... 258
4	Vers un système intégré unifié moderne..... 259
5	Système évolué de gestion des fréquences..... 262
6	Passage au système FMS 264
7	L'avenir 264
8	Résumé..... 265

	Page
ANNEXE 7 – Système de gestion et de contrôle du spectre au Pérou.....	266
1 Introduction.....	266
2 Présentation du système de gestion du spectre	268
ANNEXE 8 – Système national de gestion et de contrôle du spectre dans la République du Botswana.....	276
1 Introduction.....	276
2 Description du système de gestion du spectre.....	277
3 Description du système de contrôle du spectre	283
ANNEXE 9 – Outils informatisés et activités harmonisées automatisées à la CEPT	288
1 Introduction.....	288
2 SEAMCAT	288
3 EFIS	289
Bibliographie	293

7.1 Introduction

Il est nécessaire de mettre en oeuvre des techniques d'automatisation lorsqu'on a affaire à de grandes quantités de données et à des études analytiques complexes et variées. L'automatisation permet aussi d'améliorer les conditions d'application des méthodes analytiques ainsi que les bases de données. Les systèmes informatiques offrent les moyens nécessaires aux opérations suivantes: mémorisation des données sous une forme permettant leur extraction aisée, manipulation des données, élaboration de rapports relatifs aux données et exécution d'études analytiques.

On dispose depuis quelque temps de systèmes informatiques rentables qui traitent de grands volumes de données ou effectuent des études analytiques complexes. Les progrès techniques ont permis d'abaisser le coût de ces systèmes, d'augmenter la puissance de calcul et d'appliquer les techniques informatiques à la gestion du spectre pour chaque administration, y compris celles qui ont des besoins relativement modestes en matière de gestion du spectre ou qui ont de petites bases de données. Le Bureau de développement des télécommunications (BDT) a financé l'élaboration système de gestion du spectre pour les pays en développement (SMS4DC) qui est maintenant disponible dans plusieurs langues. L'Annexe 1 décrit brièvement le SMS4DC et une Annexe du Manuel de l'UIT sur l'application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique et sur le contrôle du spectre donne davantage de détails sur ce logiciel.

Le Bureau des radiocommunications (BR) examine les assignations de fréquence et analyse les problèmes de brouillage susceptibles de se poser; si les résultats de ces études sont positifs, il inscrit les assignations dans le Fichier de référence international des fréquences, ou il procède à la mise à jour des Plans. Il est de la plus haute importance que les diverses administrations entreprennent, elles aussi, ces tâches. En particulier, toutes les administrations doivent disposer de fichiers de données normalisés et de techniques d'analyse en vue d'une utilisation efficace du spectre des fréquences radioélectriques.

Le présent Chapitre a pour objet d'introduire le sujet et d'indiquer les documents récemment élaborés en la matière. Il ne vise pas à remplacer le Manuel de l'UIT-R – Manuel d'application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique (2015) ou les Recommandations déjà élaborées par la Commission d'études 1 des radiocommunications dans ce domaine.

7.2 Application aux opérations de gestion du spectre

Compte tenu de l'ampleur, de la périodicité et de la complexité du processus de gestion du spectre, il y a lieu de faire appel à des ordinateurs dans tout ou partie des activités de gestion nationale du spectre. Les exigences de cette gestion varient considérablement d'une administration à une autre; il importe que chaque administration mette en place les bases de données et les applications techniques propres à répondre à ses besoins. Pour déterminer les spécifications correspondantes, une administration doit tenir compte des besoins à l'échelle nationale mais aussi des accords internationaux.

L'automatisation permet d'exécuter diverses fonctions relevant de la gestion du spectre, à savoir:

- planification des fréquences;
- attribution des fréquences;
- assignation des fréquences et octroi des licences;
- coordination des fréquences;
- notification internationale;
- normes, spécifications et agrément des équipements;
- activités de contrôle;
- stockage et mise à jour des données de gestion du spectre;
- établissement de rapports statistiques et de rapports avancés;
- rôle d'intermédiaire pour les enquêtes;
- taxes et notification automatique des renouvellements; et
- calculs de la CEM, y compris la propagation.

Une base de données contenant des informations diverses est un élément d'importance capitale dans tout système de gestion du spectre. Nombre de ces données sont décrites dans le Dictionnaire de données des radiocommunications (Recommandation UIT-R SM.1413). Pour réaliser rapidement et économiquement l'automatisation de la gestion, il est conseillé à l'administration de ne mettre en oeuvre que les éléments de données, les fichiers de données et les bases de données qui lui sont nécessaires pour satisfaire ses besoins en matière de gestion du spectre. Il faudra spécifier la liste des éléments de données requis pour la coordination internationale. Pour que soient traitées de façon uniforme les questions d'acquisition, de mise à jour et d'extraction des données, on pourrait grouper les données concernant la gestion du spectre sous les rubriques suivantes:

- données pour l'attribution des fréquences;
- données relatives aux assignations de fréquence;
- données concernant les titulaires de licence;
- données sur les caractéristiques des équipements;
- redevances;
- données géographiques (terrain);
- données relatives à la coordination des fréquences;
- données relatives aux notifications de fréquences;
- données concernant le contrôle de l'utilisation des fréquences; et
- données sur les mesures coercitives.

7.2.1 Quand l'automatisation du processus de gestion du spectre est-elle nécessaire?

La première question qui se pose lorsque l'on envisage une automatisation du processus de gestion du spectre d'un pays est la suivante: «Est-ce réellement nécessaire?» Dans tous les cas, la réponse définitive est «Oui». Toutefois, si le système de gestion automatisée du spectre n'est pas correctement conçu, il pourrait être un fardeau et non une solution pour l'administration.

Pour qu'un système de gestion automatisée du spectre soit efficace, il est nécessaire que l'administration qui propose le projet examine plusieurs domaines et identifie clairement les questions. Les domaines qui devraient être examinés et les questions auxquelles il faudrait répondre sont les suivants:

- Existence d'une infrastructure réglementaire pour la gestion du spectre, ce qui signifie qu'un organisme de gestion du spectre et les services d'appui correspondants existent déjà et fonctionnent efficacement. Il s'agit – mais la liste n'est pas exhaustive – de la législation, des règlements, ainsi que des politiques et procédures d'ordre opérationnel.
- Définition de la portée et des objectifs du projet de mise en place d'un système de gestion du spectre assisté par ordinateur. Pourquoi envisager une automatisation? De nouvelles directives ont-elles été établies pour exiger que des ressources soient réorientées vers d'autres fonctions relevant du mandat de l'administration? L'automatisation est-elle considérée comme un moyen de faire face à une charge de travail croissante? Quelles parties des processus ou tâches au sein de chaque service de gestion du spectre faut-il envisager d'automatiser? Ne vaut-il pas mieux ne pas modifier certains processus manuels?
- Détermination des ressources internes et externes disponibles à attribuer. Il est indispensable d'évaluer quelles ressources financières et humaines seront requises et réservées au projet. De même, sera-t-il nécessaire d'obtenir une autorisation de financement spéciale?
- Comment le système doit-il être mis en oeuvre ou réalisé, au moyen de ressources internes, par contrat ou par l'achat des logiciels disponibles, ou en combinant ces méthodes? L'administration dispose-t-elle des spécialistes en réglementation et en technique nécessaires ou lui faudra-t-il une aide?
- Quelles limites éventuelles doivent être imposées dans la mise en place de l'automatisation? L'ampleur du projet nécessitera-t-elle une mise en oeuvre en de nombreuses phases ou sur de nombreuses années?

- Elaboration de plans de travail et de calendriers indiquant les phases du projet, les tâches et les principales étapes de présentation de rapports de situation. Il faudrait prévoir l'utilisation de toute représentation graphique, comme les diagrammes de Gantt, pour l'établissement des plans de travail et des calendriers.
- Définition des spécifications des utilisateurs. Les besoins et les exigences des utilisateurs finals doivent être clairement définis pour faire en sorte qu'ils soient correctement reflétés dans des spécifications conceptuelles détaillées. La portée des fonctions de gestion du spectre qui devraient être automatisées et la mesure dans laquelle chacune devra être automatisée doivent être clairement définies. Tout contrat adjugé doit contenir un cahier des charges clair et exhaustif.
- Identification des prescriptions opérationnelles. Chaque tâche ou activité a ses propres prescriptions opérationnelles qui doivent être aisées à interpréter en une suite d'étapes, par exemple des organigrammes ou des pseudo-codes.
- Etablissement de spécifications fonctionnelles et techniques, qui définissent la mise au point du système et servent de base pour le modèle conceptuel détaillé.
- Disponibilité de documents organisationnels et procéduraux pour les systèmes et opérations existants. Les réalisateurs des systèmes devront avoir accès à ces documents car ils devront obligatoirement devenir eux-mêmes quasiment des spécialistes en réglementation et en technique avant le passage de la théorie à la pratique pour les opérations et procédures existantes.
- Si le recours à un contractant est envisagé, son expérience doit être examinée. Le contractant dispose-t-il des réalisateurs de systèmes qualifiés ou expérimentés requis pour mener le projet à terme et jusqu'à sa mise en oeuvre? Il faudrait examiner les contrats précédemment exécutés pour déterminer ou évaluer toute expérience similaire susceptible d'être utilisée pour le contrat projeté.

Les éléments indiqués ci-dessus sont destinés à guider les administrations dans la prise de décisions concernant l'établissement, la conception, la réalisation et la mise en oeuvre d'un système de gestion informatisée du spectre.

7.2.2 Avantages de l'automatisation du processus de gestion du spectre

Les techniques informatiques sont souvent utilisées par les administrations pour pouvoir gérer des données et réaliser les études analytiques nécessaires liées à la gestion du spectre. Par ailleurs, les progrès technologiques ont entraîné une réduction constante du coût des systèmes informatiques, en particulier des micro-ordinateurs puissants, ce qui fait de l'application de techniques informatiques à la gestion du spectre une solution pratique.

Pour maximiser les avantages découlant de l'introduction de méthodes informatiques pour la gestion du spectre, il faudrait en premier lieu évaluer l'application de systèmes informatiques à un cas de figure particulier. Les divers types de matériel et de logiciel disponibles devraient être analysés. Leur utilisation devrait être intégrée dans une structure clairement définie, avec des fonctions bien définies de gestion nationale du spectre.

Après avoir pris ces mesures, les administrations peuvent tirer parti de ce système intégré en s'acquittant en temps voulu et avec efficacité des tâches ci-après:

- vérifier la conformité des demandes d'assignation de fréquence avec le Tableau national et le Tableau international d'attribution des bandes de fréquences et leurs renvois respectifs;
- vérifier que l'ensemble d'équipements (émetteur, récepteur et antenne) proposé pour une liaison radioélectrique donnée a été précédemment soumis avec succès au processus de certification adéquat ou satisfait à d'autres normes prévues dans des accords de reconnaissance mutuelle;
- donner une réponse plus exacte et optimisée aux demandes d'assignation de fréquence en choisissant les canaux adéquats compte tenu de détails précis tels que les caractéristiques du terrain;
- assurer en ligne, automatiquement et de manière décentralisée, l'octroi et le renouvellement des licences avec établissement de factures (la législation doit permettre l'utilisation de signatures électroniques);
- assurer le traitement adéquat des données de contrôle du spectre radioélectrique (voir le Manuel de l'UIT-R – Contrôle du spectre radioélectrique (Genève, 2002));

- établir en temps voulu une facturation plus rapide et bien documentée pour l'utilisation du spectre;
- élaborer de manière plus précise les formulaires de notification à adresser à l'UIT et assurer la présentation électronique de ces formulaires compte tenu du processus automatique de validation de données qui peut être mis en oeuvre;
- faire en sorte qu'un échange de données par voie électronique soit possible entre les administrations ou entre une administration et l'UIT (voir la Recommandation UIT-R SM.668).

Le nombre total des éléments de données nécessaires pour prendre en charge toutes ces fonctions est assez grand. La nécessité de disposer d'un grand nombre d'éléments de données dépend dans une large mesure du but poursuivi par l'agence nationale. Par exemple, le volume de données nécessaire pour effectuer des calculs significatifs et valides de la CEM augmente avec l'encombrement du spectre, qui dépend de la densité d'implantation des équipements de radiocommunication en service dans un pays et, partant, des infrastructures de ce pays. Cela peut se solder par des centaines de champs de données pour tous les enregistrements, conformément à l'Annexe 1 du Manuel de l'UIT-R sur l'application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique (Genève, 2015). Toutefois, très souvent, les données requises peuvent se réduire à un nombre limité d'éléments de données de base.

Beaucoup de tâches de l'UIT ont été automatisées. Le BR dispose du système d'analyse de Terre (TerRaSys, *Terrestrial Analysis System*) et du système des réseaux spatiaux (SNS, *space network system*): ce sont des outils informatisés à l'aide desquels le secrétariat traite les fiches de notification d'assignation de fréquence soumises par les administrations. Ces systèmes permettent également de tenir à jour le Fichier de référence international des fréquences ainsi que les Plans d'assignation de fréquences gérés par le Bureau. Les données utilisées sont disponibles dans plusieurs formats, y compris en CD-ROM. On peut donc les obtenir dans le format défini pour l'usage national aux fins d'enquêtes ou dans des bases de données. On dispose aussi, chaque semaine, d'une version électronique de la Circulaire hebdomadaire des radiocommunications (BR IFIC), avec des renseignements sur les assignations notifiées et inscrites, sur CD-ROM.

7.3 Principaux éléments d'un système de gestion automatisée du spectre

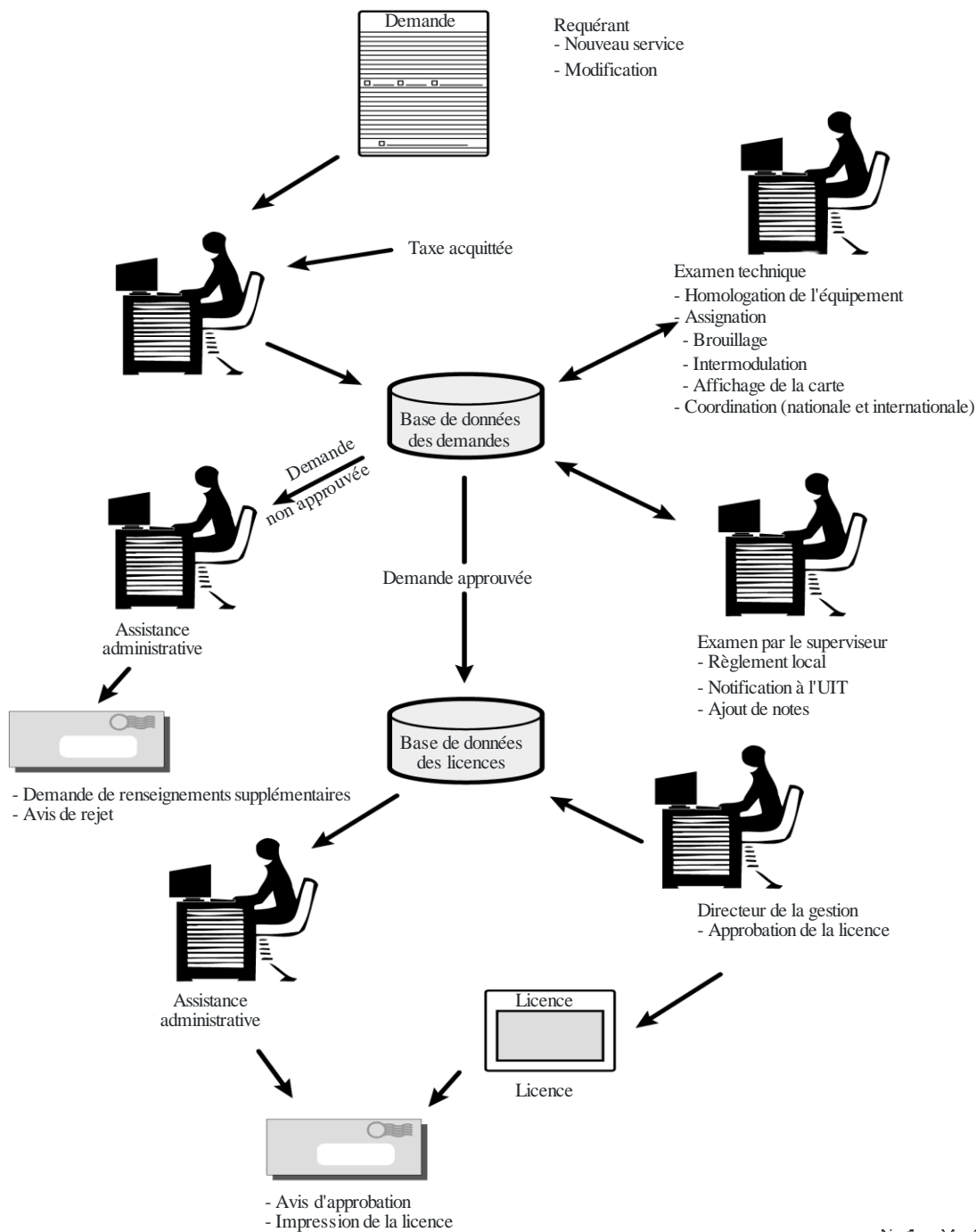
Pour évaluer l'application des systèmes informatiques à un cas déterminé de gestion du spectre, il faut analyser les différents types disponibles de matériel informatique et de logiciel. Un exemple de système informatisé de gestion du spectre est donné à la Figure 7.1.

Le flux de données doit être parfaitement défini (il faut savoir d'où viennent les données, ce que l'on doit en faire et où il faut les envoyer). La structure des fichiers doit aussi être définie ainsi que les enregistrements et la structure des données qu'ils contiennent. Le volume des données, la fréquence des mises à jour et les procédures de mise à jour doivent être spécifiés.

Les administrations qui souhaitent utiliser des modèles de gestion du spectre déterminés devront faire en sorte que les données nécessaires à l'utilisation de ces modèles soient disponibles et mises à jour. Il est impératif de bien définir les données, de bien choisir le modèle de base de données et de disposer d'une méthode actualisée si l'on veut que les modules de gestion informatisée du spectre fournissent des résultats exploitables.

FIGURE 7.1

Exemple de traitement informatique d'une demande de licence



Nat. Spec. Vol. 7.0

Afin de faciliter l'introduction de systèmes de gestion automatisée du spectre, les éléments de données devant faire l'objet d'une décision devront figurer dans les futurs accords et arrangements bilatéraux ou multilatéraux. Par conséquent, la définition, le format et le codage des éléments de données de base devront être décidés au plan international. Les formats de données devront être coordonnés avec le BR (voir les Recommandations UIT-R SM.668 et UIT-R SM.1413). Cela signifie aussi qu'une liste des éléments de données nécessaires ne peut être définitive et qu'elle devra pouvoir être modifiée en fonction des nouvelles conclusions et des nouvelles caractéristiques. On pourra ensuite développer les applications logicielles, déterminer les tâches et définir les responsabilités. Puis, un ensemble de produits logiciels et matériels pourra être examiné et préparé

en vue de son introduction ou de son adaptation. Dans ce processus de sélection, les conditions de maintenance sont un élément important. De plus, il faut un personnel qualifié, bien formé afin d'assurer la continuité. Une fois ces conditions remplies, on pourra établir une stratégie et un plan d'introduction d'un système automatisé de gestion nationale du spectre.

La Recommandation UIT-R SM.1370 contient des directives de conception de systèmes pour la gestion automatisée du spectre. Des sociétés privées et le BDT ont élaboré des logiciels conformément aux directives de la Recommandation SM 1370. Comme indiqué plus haut, le logiciel élaboré par le BDT est le logiciel SMS4DC. Le BDT a organisé de séminaires pour dispenser aux administrations une formation sur la bonne utilisation de ce logiciel.

L'organisme chargé de la réglementation devrait escompter ce qui suit de l'automatisation du processus:

- 1) un système facilitant le traitement des applications et des licences;
- 2) un système comptable permettant d'administrer le recouvrement des taxes;
- 3) des outils d'analyse technique permettant d'éviter les brouillages, comprenant éventuellement un encouragement de la normalisation pour que des pays différents parviennent à la même conclusion concernant une application au service dans les zones frontalières;
- 4) des cartes géographiques et un système d'information géographique à des fins d'affichage;
- 5) une interface aisée et directe avec les moyens de contrôle du spectre.

Pour plus de renseignements sur les installations à automatiser, se reporter à la Recommandation UIT-R SM.1370.

L'organisme chargé de la réglementation ne devrait pas escompter ce qui suit de l'automatisation du processus:

- 1) une assignation automatique des fréquences;
- 2) une planification automatisée des fréquences et des sites;
- 3) la qualité de service d'un système cellulaire.

7.4 Passage des systèmes manuels aux systèmes informatisés

Automatiser des techniques d'analyse jusqu'alors manuelles présente bien des avantages. Cette conversion s'impose dès que le volume des données traitées devient important.

Avant de passer à l'automatisation, il convient de peser l'importance des facteurs suivants:

- Il existe une infrastructure qui devra être analysée, planifiée et réalisée avant que soit mis en route un système automatisé. Ci-après, quelques-unes des étapes nécessaires à la planification:
 - a) étudier les méthodes utilisables pour adapter des procédures manuelles éprouvées à un système automatisé;
 - b) faire accepter les nouvelles procédures aux usagers;
 - c) former un petit groupe de personnel spécialisé dans le travail automatisé;
 - d) trouver les fonds nécessaires pour le développement du système et de ses applications à long terme;
 - e) s'assurer qu'on peut disposer des services d'une firme d'informatique capable d'assurer localement un soutien à long terme pour le matériel et le logiciel;
 - f) étudier les compromis à faire en ce qui concerne le volume des données requises.
- Dans un premier temps, l'automatisation est une source de nouveaux problèmes.
- La période initiale de mise au point et de mise en oeuvre du système est parfois onéreuse. L'utilisateur devrait savoir qu'il ne tirera pas immédiatement tous les bénéfices financiers et tous les avantages à attendre d'un système automatisé.

Chaque administration a recours à un ensemble particulier de documents (licences, formulaires de demande, plans d'attribution, factures, etc.) dans ses opérations de gestion du spectre. Il s'agit souvent de documents sur support papier, bien qu'il en existe maintenant sous forme électronique. Pour passer efficacement à un système de gestion automatisée du spectre, il est impératif que tous les documents existants soient minutieusement

examinés afin de répondre aux besoins spécifiques de l'administration en matière de gestion du spectre et de fournir les formats de sortie demandés. Une bonne transition entre le système existant et le système automatisé nouvellement mis en oeuvre dépend de manière cruciale de la programmation de la période de transition et de l'effort investi pour répondre à ces exigences particulières ainsi que de la conversion des documents dont le nouveau système aura besoin. Le changement d'état des données actuellement utilisées par l'administration doit être parfaitement compris pour qu'elles puissent être reproduites par le système automatisé. Ces prescriptions devraient faire partie du cadre contractuel établi pour le partenariat indispensable entre l'administration et le contractant, si important pour une mise en oeuvre réussie. Dans tout processus d'appel d'offres, il est recommandé que l'administration permette aux contractants potentiels d'avoir accès aux prescriptions d'entrée et de sortie, ainsi qu'aux registres de données pour que les dispositions à prendre pour la transition puissent être correctement évaluées et indiquées dans l'offre. L'administration devrait aussi correctement évaluer le personnel de l'administration nécessaire pour les mesures de transition ainsi que la disponibilité de ce personnel. Cela permettra une évaluation plus rigoureuse des capacités du contractant et confèrera à toute garantie une plus grande force exécutoire.

Par le passé, les projets en question ont donné lieu à de nombreux problèmes d'ordre contractuel. Une argumentation sur les dispositions contractuelles ne laisse qu'une impression désagréable aux deux parties. Il vaut mieux élaborer un processus de transition qui reconnaisse les efforts considérables demandés à toutes les parties pour assurer un déroulement harmonieux. Montrer du doigt les défaillances ne permet guère de mener les parties à une conclusion heureuse. C'est pour cela qu'il importe d'observer un processus formel pour identifier les processus de collecte de données et sources de données existants de la manière suivante:

- 1) Définir le type et le format de toutes les données existantes, y compris les données d'exploitation et de gestion, par exemple les données administratives générales (département, codes de région, règles de taxation, déroulement des opérations, types de licences, types de certificats pour les équipements, types de titulaires, etc.), ainsi que les données techniques générales (types de services, types de stations, types d'équipements, types de mobiles, plans des fréquences, rapports de protection, courbes de rejet hors canal, etc.). Il est généralement possible de définir deux types de données:
 - données non répétitives (parfois appelées données de référence) telles que les plans de fréquences, les attributions, etc.;
 - données répétitives telles que les données administratives et techniques.
- 2) Définir une stratégie détaillée pour la migration des données existantes, y compris une liste des données à migrer, le format dans lequel l'administration fournira les données, le calendrier de fourniture des données par l'administration, le calendrier de conversion des données par le contractant, les essais qui seront effectués pour vérifier que le processus de conversion a bien fonctionné et les essais qui seront utilisés pour vérifier que le processus de conversion est achevé.

Ces responsabilités partagées devraient faire partie du contrat pour éviter les malentendus. Les documents devraient décrire les travaux à mener, la chronologie de ces travaux et la nature des responsabilités incombant à chaque partie. Les données de base et les données d'exploitation devront être définies; elles seront collectées dans le format approprié par l'administration et seront fournies au contractant au début de la période de transition. Les données communiquées par l'administration devraient être valables et les redondances éliminées. Les données provenant de tout registre manuel sont souvent transcrites en un format électronique intermédiaire (par exemple EXCEL). Elles peuvent ensuite être intégrées dans le nouveau système au moyen de scripts fournis par le contractant conformément au document énonçant les conditions.

Pendant le processus de migration des données, l'administration doit noter rigoureusement toute modification apportée aux données d'origine fournies par le contractant vu que ces modifications ne seront pas faites par le contractant lors de la migration. L'administration devra utiliser le nouveau système pour apporter ces modifications, une fois que les données auront été migrées et vérifiées. Le processus fonctionne des plus efficacement si le partenariat entre l'administration et le contractant est bien compris et respecté par toutes les parties.

7.5 Conclusion

Il apparaît indispensable de recourir à des systèmes automatisés de gestion du spectre, à mesure qu'augmente le coût d'exploitation des systèmes manuels, avec l'accroissement du volume de données, du nombre de transactions et de la complexité des opérations d'analyse. Il existe à présent des systèmes informatiques qui possèdent les capacités nécessaires en matière de traitement et de stockage des données, et qui ont un niveau de performance tout à fait satisfaisant pour un coût raisonnable.

La Recommandation (Recommandation UIT-R SM.1370) qui donne des directives de conception pour la réalisation d'un système de gestion automatisée du spectre (ASMS) a été élaboré par la Commission d'études 1 et devrait constituer la base des appels d'offres émis par les administrations souhaitant utiliser un tel système. Le logiciel de gestion du spectre pour les pays en développement (SMS4DC), conforme à cette Recommandation, est disponible auprès du BDT.

Des études de cas qui pourraient aider les administrations à envisager de telles mesures d'automatisation figurent aux Annexes 2 à 7 du présent Chapitre. Il est à espérer qu'elles donneront des renseignements utiles qui permettront d'éviter la répétition d'erreurs courantes lors de l'achat ou de la réalisation de ces systèmes. Aucun système indiqué n'est expressément ou implicitement approuvé ou critiqué. Les étapes du processus qui assurent ou empêchent le succès de la mise en oeuvre de ces systèmes sont les étapes marquantes projetées et non les détails des systèmes.

Références bibliographiques

- Manuel de l'UIT-R Contrôle du spectre radioélectrique, (Genève, 2011)
- Manuel de l'UIT-R Application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique, (Genève, 2015)

Textes de l'UIT-R

- Rec. UIT-R SM.668 Echange électronique d'informations pour la gestion du spectre.
- Rec. UIT-R SM.1047 Gestion nationale du spectre
- Rec. UIT-R SM.1370 Directives de conception pour la réalisation des systèmes évolués de gestion automatisée du spectre
- Rec. UIT-R SM.1413 Dictionnaire de données des radiocommunications aux fins de la notification et de la coordination
- Rec. UIT-R SM.1537 Automatisation et intégration de systèmes de contrôle du spectre avec gestion automatisée du spectre

ANNEXE 1

AU CHAPITRE 7

Système informatisé de gestion du spectre (SMS4DC) de l'UIT

1 Introduction

L'Union internationale des télécommunications/Bureau de développement des télécommunications (UIT/BDT) peuvent fournir un programme informatique pour aider les administrations des pays en développements à s'acquitter plus efficacement de leurs responsabilités en matière de gestion du spectre. Ce programme connu sous le nom de Système de gestion du spectre pour les pays en développement (SMS4DC) est censé être un système de gestion du spectre peu onéreux, d'entrée de gamme, mais c'est un outil logiciel très complexe avec de nombreuses caractéristiques et fonctions techniques.

Le logiciel SMS4DCa pour objet de donner aux pays en développement un moyen de gérer efficacement et concrètement le spectre radioélectrique, essentiellement pour les services de radiodiffusion et de radiocommunications fixes et mobiles, et donc d'accélérer le développement des technologies hertziennes dans ces pays.

2 Réalisation et caractéristiques du logiciel SMS4DC

Le premier logiciel de gestion du spectre élaboré conjointement par l'UIT-R et l'UIT-D, le système de base pour la gestion automatisée du spectre (BASMS) a été publié en 1995. Il utilisait le langage FoxPro et fonctionnait sur une plate-forme MS-DOS. La version Windows plus récente (WinBASMS) a été distribuée gratuitement aux pays en développement. Le logiciel WinBASMS est conçu de telle façon qu'un seul utilisateur peut aisément l'utiliser et en assurer la maintenance Il prend en charge la plupart des spécifications fonctionnelles définies dans le Manuel de l'UIT sur la gestion nationale du spectre.

En 2002, la Commission d'études 1 des radiocommunications a approuvé la nouvelle Recommandation UIT-R SM.1604 préconisant des améliorations/mises à niveau du logiciel WinBASMS. Par ailleurs, la CMDT-02 avait décidé de poursuivre le développement du système informatisé de gestion du spectre. Le logiciel SMS4DC succède au logiciel WinBASMS qui a été élaboré conformément aux spécifications fournies par le Bureau de développement des télécommunications de l'UIT (BDT) et le Bureau des radiocommunications (BR), sur la base de l'ancienne Recommandation UIT-R SM.1048.

La responsabilité concernant l'aide, le suivi et l'établissement de rapports sur les progrès enregistrés concernant cet aspect du système a été confiée au Groupe mixte UIT-R/UIT-D chargé de la Résolution 9 de la CMDT-02. Un groupe volontaire d'experts s'est réuni de façon informelle à plusieurs occasions pour tenter d'élaborer un projet de spécifications pour cette mise à niveau. Dans le cadre de ce groupe, des spécifications détaillées ont été définies: elles couvraient les objectifs liés à un système de base amélioré ainsi que les principales exigences d'un système évolué. L'ensemble des spécifications techniques ont été soumises au BDT à la fin de 2004 pour mise en oeuvre. Sur la base de ces spécifications techniques finalisées, un nouveau logiciel, le logiciel SMS4DC, a été élaboré et mis sur le marché; il est destiné à être utilisé pour la gestion des assignations de fréquence pour les services mobile terrestre, fixes et de radiodiffusion et pour la coordination des fréquences des stations terriennes (procédures de l'Appendice 7 du RR).

Le logiciel SMS4DC peut être utilisé pour satisfaire à toutes les prescriptions définies dans le Manuel de l'UIT sur la gestion nationale du spectre.

On souligne le fait que pour une bonne installation est un bon fonctionnement de ce logiciel, les administrations doivent disposer de mécanismes juridiques, réglementaires et techniques pour la gestion du spectre. Par ailleurs, même si un grand nombre des processus techniques sont automatisés, le choix et la décision finals concernant l'assignation de fréquence revient à l'ingénieur. Par conséquent, le personnel chargé de l'exploitation doit avoir des connaissances suffisantes pour bien comprendre les processus réglementaires et techniques qui sont au coeur du fonctionnement du logiciel SMS4DC et pour interpréter correctement les résultats des algorithmes afin de pouvoir prendre les bonnes décisions.

Les principales caractéristiques du logiciel SMS4DC sont notamment les suivantes:

- une interface utilisateur graphique conviviale;
- l'intégration de la carte IDWM de l'UIT;
- la possibilité d'une installation dans des environnements en réseau;
- l'existence de différents niveaux d'accès pour l'utilisateur;
- l'utilisation d'un modèle de terrain numérique sur le serveur et les postes de travail;
- la gestion d'une base de données administratives hiérarchique partagée;
- l'intégration de plusieurs modèles de propagation;
- la démonstration des résultats de calcul sur DTM;
- la création de fiches de notification électroniques du BR;
- les calculs de brouillage;
- l'assignation des fréquences;
- l'examen des tableaux régionaux/nationaux d'attribution de fréquences;
- la prise en considération des accords régionaux dans les calculs techniques;
- les fonctions de planification des fréquences;
- l'interface avec les bases de données IFIC du BR;
- l'élaboration de rapports d'information;
- l'emploi de modules UIT pour le calcul des contours de coordination autour des stations terriennes;
- la gestion de la facturation de l'utilisation du spectre;
- les calculs de bilans de liaison;
- la tenue de journaux d'utilisateur à des fins d'audit;
- les interfaces anglaise et française du logiciel (bientôt aussi en espagnol);
- les liens vers le logiciel de contrôle Argus (R&S) et Esmeralda (Thales);
- l'interface avec les cartes de Google™ Earth;
- les calculs conformément à l'Accord GE06.

3 Principales fonctions du logiciel SMS4DC

- *Fonction administrative.* Cette fonction sera mise en oeuvre dans un système de gestion de bases de données relationnelles garantissant l'intégrité et la cohérence des données administratives. Le système offrira un choix d'écrans utilisateur permettant d'accomplir toutes sortes de tâches administratives, notamment la gestion de fichiers concernant les demandes de fréquences, les assignations de fréquences, l'octroi des licences, les brouillages, les mesures de fréquences et les redevances de licence d'exploitation du spectre. Pour l'instant, le logiciel est disponible en anglais; il sera disponible en français, espagnol et russe en temps voulu.
- *Fonction d'analyse technique.* Cette fonction offrira des outils d'analyse améliorés pour le traitement des assignations de fréquences proposées demandées par les utilisateurs. Elle permettra aussi de calculer les brouillages entre un ou plusieurs émetteurs et un récepteur donné, dans des conditions d'utilisation particulières.
- *Interface utilisateur graphique.* Interface conviviale, affichage du modèle de terrain numérique, capacité d'importer des formats de mappage normalisés, y compris la carte du globe et l'affichage de cartes géographiques, la mise à disposition de fonctions à plusieurs entrées dans des icônes sur la barre d'outils ainsi que des options dans le menu, l'attribution de nouvelles stations sur une carte, la recherche et l'affichage d'une station ou d'un groupe de stations sur une carte.

Des précisions sur le logiciel SMS4DC sont données dans le Manuel de l'UIT sur l'application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique.

ANNEXE 2

AU CHAPITRE 7

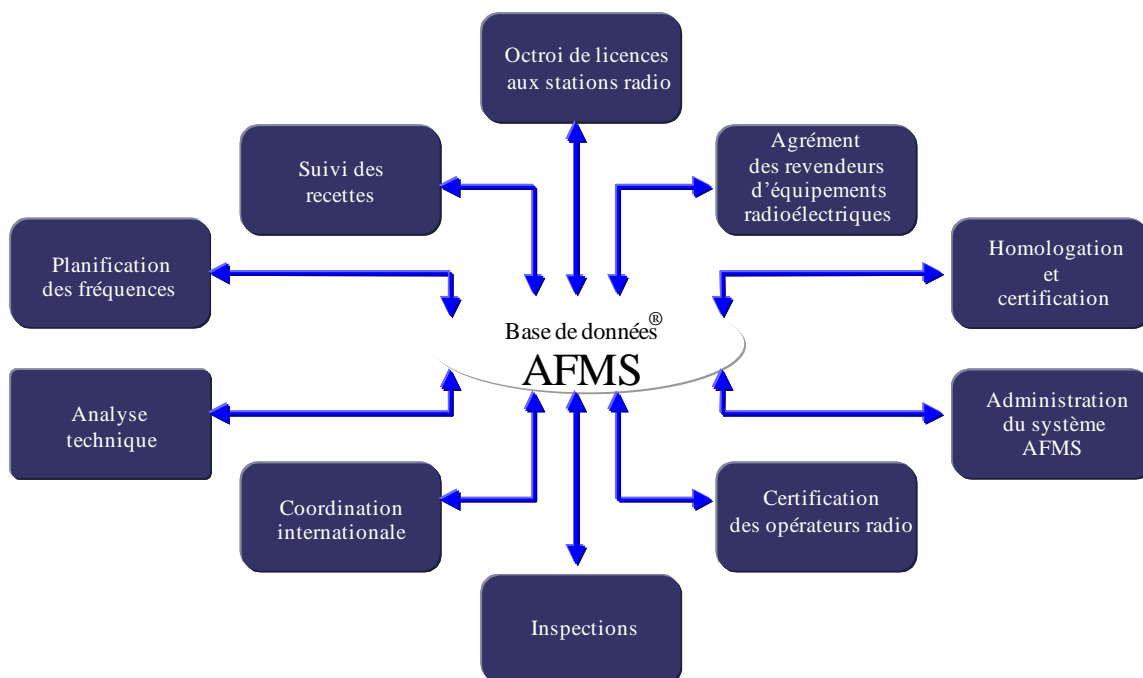
Gestion du spectre radioélectrique en Malaisie (étude de cas)

Le système AFMS est un système informatique basé sur Windows et comprend toutes les fonctions permettant de gérer de grandes quantités d'informations relatives à l'octroi de licences à des stations radio. Il est fondé sur des spécifications techniques et des normes internationales. Il comporte un module de saisie de données pour l'introduction de données à partir d'une demande concernant une station radio. Comme le montre la Figure 7.2, il y a des modules pour l'administration et le contrôle des recettes, la planification des fréquences, l'analyse technique, la coordination et la notification des fréquences, le contrôle du spectre, l'agrément des revendeurs, l'autorisation, et la production et le renouvellement automatisés des licences pour les stations radio. Tous les modules fonctionnent à partir d'une base de données relative aux assignations de fréquence et à l'octroi de licences de type ORACLE.

Le Gouvernement malaisien a passé un contrat pour la réalisation d'un système de gestion automatisée des fréquences inspiré du modèle de gestion du spectre canadien. Le système a été adapté aux besoins de Jabatan Telekomunikasi Malaysia (JTM). Il a été entièrement intégré et comprend un système complet de gestion du spectre qui fonctionne sur un réseau VAX centralisé situé à Kuala Lumpur et qui est doté d'une interface avec le système de contrôle des radiocommunications.

FIGURE 7.2

Modules du système AFMS



Jusqu'à l'installation du système AFMS, le Gouvernement malaisien avait conservé l'ensemble de ses registres d'assignations de fréquence et des informations connexes en matière de licences dans un système d'archivage sur support papier. Les dossiers sur support papier s'étaient révélés inefficaces. Les assignations de fréquence et les registres des recettes et des licences sur support papier s'étaient avérés difficiles à contrôler et à administrer. Les brouillages préjudiciables devenaient un grave problème pour les opérateurs de services hertziens implantés en Malaisie qui redoutaient que leurs activités soient finalement compromises et onéreuses. En Malaisie, avec le nombre croissant de stations radio exploitées dans une société en rapide évolution, il était évident que l'automatisation était primordiale.

L'installation s'est révélée plus difficile que prévu en raison de l'absence de renseignements complets et exacts et en raison d'un système d'assignation de fréquence configuré de manière inadéquate. Des renseignements complets et exacts sont essentiels pour établir une base de données efficace en matière d'assignation de fréquence et d'octroi de licences. Même si certaines informations peuvent être obtenues par défaut, les applications automatisées exigent des renseignements fiables permettant d'effectuer des opérations exactes.

Comme pour toute technologie, le problème de la désuétude est une réalité à laquelle il faut s'attaquer dans une administration moderne. Au cours des années 1990, la Malaisie a poursuivi ses efforts de modernisation technique et a continué à consulter et à former des experts dans le cadre d'un certain nombre de contrats. En 1999, au cours de la manifestation «Telcom 99» organisée sous l'égide de l'UIT à Genève (Suisse), la Malaisie a approuvé un contrat visant à moderniser les systèmes informatiques de JTM, organisme qui a été réorganisé pour devenir la nouvelle Malaysia Communications and Multimedia Commission (MCMC). Grâce à la prévoyance du Gouvernement malaisien, le contrat actuel comprend une disposition importante concernant la consultation d'experts et la formation dans le domaine de la gestion du spectre.

Par suite de la création d'une base de données efficace en matière d'assignation de fréquence et d'octroi de licences et grâce à une gestion du spectre efficace et moderne, les recettes provenant des licences ont notablement augmenté avec l'accroissement de la communauté des radiocommunicateurs. Simultanément, les frais d'exploitation ont été maintenus à un niveau relativement constant. Selon le principe du recouvrement des coûts, les recettes engrangées par les licences peuvent servir à financer le programme de gestion du spectre.

Le succès de la gestion du spectre en Malaisie tient principalement au fait que le Gouvernement a reconnu qu'il était indispensable, mis à part les aspects technologiques, de privilégier le transfert de connaissances.

L'adresse du site web de la MCMC est la suivante: <http://www.cmc.gov.my>.

ANNEXE 3

AU CHAPITRE 7

Description du système de gestion et de contrôle du spectre (SAAGER)**1 Introduction**

La présente Annexe décrit le système automatisé d'administration et de gestion du spectre radioélectrique (SAAGER) actuellement utilisé par la National Telecommunications Commission (CONATEL) du Venezuela. Le système SAAGER est un système de gestion et de contrôle du spectre entièrement conforme aux normes de l'UIT; le matériel satisfait aux recommandations énoncées dans les Manuels de l'UIT sur la gestion et le contrôle du spectre et les dépasse même. Le système a été fourni par TCI, A Dielectric Company (Etats-Unis d'Amérique) (www.tcibr.com).

Le système permet au Ministère de l'infrastructure (MINFRA) agissant par l'intermédiaire de la CONATEL, d'exploiter efficacement le spectre radioélectrique. Il peut assurer les fonctions suivantes:

Planification et gestion du spectre radioélectrique

- Planification des ressources spectrales.
- Fourniture de la technologie de pointe conforme aux normes de l'UIT et dont l'extension est possible afin de permettre une expansion parallèle au développement de l'infrastructure de télécommunications du Venezuela.
- Encouragement de la coopération avec les pays voisins au sujet des besoins en matière d'assignation de fréquence et des problèmes de brouillages.

Contrôle et vérification technique des émissions radioélectriques

- Réalisation de toutes les mesures radioélectriques recommandées par l'UIT.
- Mesures visant à éviter et à résoudre les problèmes de brouillages pendant l'installation et l'exploitation des services critiques tels que ceux relatifs aux téléphones cellulaires, les liaisons hertziennes de Terre, les radiocommunications mobiles privées et la boucle locale hertzienne.
- Fourniture au personnel de contrôle d'une liste des signaux non conformes et de leurs caractéristiques.
- Identification des opérateurs illicites et mesures visant à permettre d'engager des poursuites contre ces opérateurs afin d'imposer des amendes et de protéger les opérateurs légitimes du spectre contre les brouillages.

Radiolocalisation des émissions radioélectriques

- Détermination des lignes de relèvement radiogoniométrique et localisation des signaux brouilleurs, illicites ou autres signaux non conformes pour aider à la mise en application de la réglementation vénézuélienne sur les radiocommunications.

Normalisation des équipements de télécommunications

- Tenue à jour d'une base de données sur les équipements de télécommunications homologués de sorte que seuls les équipements homologués soient agréés au Venezuela.

Le système comprend les sites et équipements ci-après, leur nombre étant indiqué entre parenthèses:

- *Centre de contrôle national (1)*: situé à Caracas; agit comme centre du système; héberge la base de données du système de gestion du spectre; est à l'origine des tâches opérationnelles, dirige et contrôle les opérations des stations de contrôle; reçoit et regroupe les données obtenues.
- *Centres de contrôle auxiliaires (5)*: situés à Caracas, Maracaibo, Cristobal, San Felipe et Maturin; offrent des capacités de contrôle et de vérification techniques dans les ondes décimétriques/métriques/décimétriques.

- *Unités mobiles (10)*: deux par centre de contrôle auxiliaire; offrent des capacités de contrôle dans les ondes décamétriques/métriques/décimétriques et des capacités de radiogoniométrie dans les ondes décamétriques/métriques/décimétriques (trois unités), ainsi que des capacités de radiogoniométrie dans les ondes métriques/décimétriques (sept unités).
- *Ensembles d'équipements portables (10)*: offrent des capacités de vérification technique.

L'emplacement des sites est montré sur une carte du Venezuela qui figure au § 3.5 de la présente Annexe.

2 Système de gestion du spectre

Le présent paragraphe donne la description fonctionnelle du système de gestion du spectre. La Figure 7.3 montre le déroulement des opérations effectuées par le logiciel de gestion.

2.1 Traitement des demandes

Un exemple type de traitement d'une demande de licence est montré de manière schématique à la Figure 7.1, notamment le processus de réception d'une demande et de saisie dans le système, d'assignation de fréquence et de délivrance d'une licence. Le système comprend des formulaires de saisie intégrés aidant l'administration à traiter les demandes d'assignation de fréquence et d'octroi de licences. Ces formulaires sont utilisés pour les nouveaux services comme pour les changements et modifications à apporter à une licence existante ou à une demande en instance. L'écran de saisie de la demande est représenté à la Figure 7.4.

FIGURE 7.3

Déroulement des opérations effectuées par le logiciel de gestion

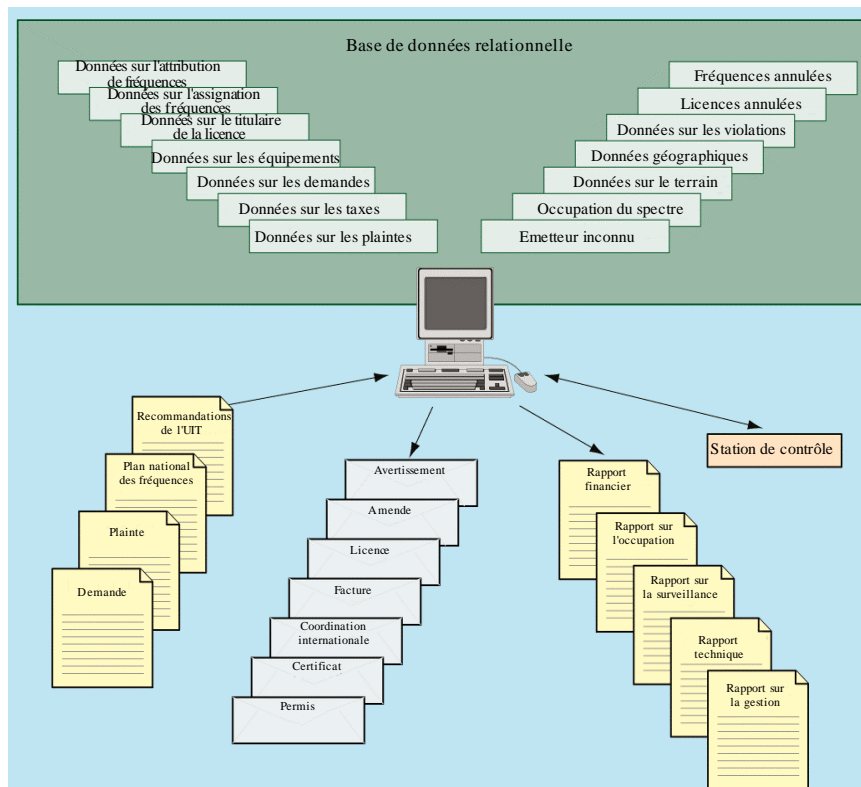


FIGURE 7.4
Formulaire de demande

Núm. Serie: VEN-7.04

2.2 Assignment de fréquence

L'opérateur a accès à de multiples fonctions intégrées qui aident à l'assignation de fréquence. Ces fonctions:

- indiquent les canaux possibles pour tel ou tel équipement ou service;
- recherchent les assignations existantes dans la base de données des licences et affichent celles qui concernent les divers canaux éventuels;
- effectuent des calculs de brouillages entre la nouvelle assignation projetée et les assignations existantes;
- permettent de saisir les nouvelles assignations dans la base de données.

2.2.1 Processus d'assignation de fréquence

Le système prend en charge l'assignation automatique des fréquences, y compris les désignations de services de l'UIT et les priorités des services nationaux et renvois correspondants. Le Plan d'attribution des fréquences de l'UIT pour le Venezuela est chargé dans le logiciel. Un opérateur peut faire en sorte que le système affiche les canaux conformes au Plan national d'attribution des fréquences du Venezuela, les types d'équipements spécifiés, les types de services/opérations planifiés ou les catégories qu'il a lui-même spécifiées. Le système recherche dans sa base de données les assignations existantes concernant les canaux et les affiche. Des calculs de brouillages entre les assignations existantes et une nouvelle assignation projetée peuvent être effectués. L'opérateur peut ensuite assigner une fréquence, qui est saisie dans la base de données. S'il n'est pas possible de trouver un canal utilisable dans une région donnée, un ou plusieurs outils d'analyse technique du spectre du logiciel ASMS peut aider l'opérateur à localiser un canal disponible dans une zone géographique ou à trouver dans la région une fréquence qui peut être partagée selon les heures d'exploitation.

2.2.2 L'UIT et le Plan national d'attribution des fréquences

L'opérateur du système a la possibilité d'examiner et de mettre à jour les assignations de fréquence pour chaque catégorie de station. Les paramètres sont la gamme de fréquences, la catégorie de station, la largeur de canal et des contraintes telles que l'espacement dans le même canal.

2.2.3 Coordination à la frontière

Le système contient un module de coordination internationale qui est utilisé par les gestionnaires du système pour traiter toutes les demandes de coordination (en entrée et en sortie). Ces demandes peuvent provenir d'autres pays, de l'UIT ou d'un autre organisme du Venezuela. Tous les renseignements concernant les licences sont conservés dans une seule base de données. Le module en extrait les informations requises pour chaque demande. Ces informations sont: la date, le numéro de licence, le type de données requis, la partie recevant la

communication et le format de transmission (papier ou format électronique). Dans le cadre des enquêtes aux fins de la coordination, un enregistrement permanent est créé et mémorisé dans la base de données.

2.3 Octroi de licences

La plupart des fonctions de traitement et d'octroi de licences sont automatisées. Cela permet au système de créer automatiquement une licence après l'approbation de la demande. Le système fournit comme interface des formulaires qui permettent les opérations suivantes:

- renouvellement d'une licence existante pour laquelle toutes les conditions de renouvellement ont été remplies;
- conversion d'une licence temporaire en une licence permanente;
- résiliation d'une licence pour non-respect des conditions d'exploitation existantes;
- délivrance d'une licence ou d'un permis temporaire.

2.4 Ingénierie du spectre

Conformément aux Recommandations de l'UIT, le système de gestion automatisée du spectre a été créé avec un ensemble d'outils d'analyse technique puissants destinés à aider les opérateurs. Ces outils sont utilisés pour l'étude du spectre radioélectrique et comprennent des calculs de la CEM, de la qualité de fonctionnement des liaisons radioélectriques et de la couverture des stations. Ils sont utilisés pour les demandes de licence, les demandes de coordination et les plaintes pour brouillages. Le Tableau 7-1 indique les algorithmes et modèles résidant dans le système, ainsi que les gammes de fréquence et les types de services visés.

TABLEAU 7-1

Modèles de propagation du module d'analyse technique

Gamme de fréquences	Modèle de propagation	Observations
0,15 à 3 MHz	GRWAVE	GRWAVE calcule le champ électrique et l'affaiblissement sur le trajet, la propagation des ondes au sol le long d'une Terre courbe, homogène et lisse. Il est également utilisé pour l'analyse des brouillages dans la bande des ondes hectométriques
2 à 30 MHz	IONCAP, VOACAP	IONCAP est le nom du programme d'analyse ionosphérique initial. La plus récente version, appelée VOACAP, a été intégrée dans le module d'analyse technique. Ce programme peut calculer la fréquence maximale utilisable, la fréquence minimale utilisable et la fréquence du trafic optimal pour les radiocommunications point à point en ondes décamétriques
30 à 1 000 MHz	TIREM (version 3.04)	Acronyme pour <i>terrain integrated rough earth model</i> (modèle de terrain irrégulier intégré). Système mis au point à l'origine pour la <i>National Telecommunications Information Administration</i> (NTIA) des Etats-Unis d'Amérique dans le cadre du principal système de propagation (MPS, <i>master propagation system</i>), qui constitue une famille de modèles s'étendant des ondes myriamétriques aux ondes millimétriques
30 à 1 000 MHz	Longley-Rice	La Note Technique 101 de la FCC des Etats-Unis d'Amérique décrit l'utilisation des modèles de diffraction à une seule lame de couteau ou à double lame de couteau dans lesquels les caractéristiques de terrain prédominantes sont connues pour un trajet de propagation donné
Jusqu'à 40 GHz	SEAM	Acronyme pour <i>single-emitter analysis model</i> (modèle d'analyse pour un émetteur unique). Calcule l'affaiblissement de propagation et le champ pour des signaux hyperfréquences au moyen d'un modèle de propagation en espace libre ou sur un sol lisse
1 à 40 GHz	Appendice 7	Calcule les contours de coordination pour les stations de Terre et les satellites géostationnaires conformément à l'Appendice 7 du RR
1 à 40 GHz	Appendice 8	Calcule les brouillages entre deux réseaux à satellite géostationnaire conformément à l'Appendice 8 du RR

Les outils d'analyse technique sont intégrés dans le programme de cartographie ArcView de la société ESRI. Le système peut ainsi afficher les renseignements sur une carte géographique et topographique. Le programme de cartographie est automatiquement activé lorsque le système le nécessite.

Le module d'analyse technique réalise les fonctions ci-après (liste non exhaustive):

- établir les profils de trajet radial et les diagrammes de couverture des stations de base;
- analyser les brouillages dans le même canal, le canal adjacent et le canal interstitiel;
- analyser l'intermodulation du troisième ordre avec de multiples signaux;
- analyser la désensibilisation du récepteur/le bruit de l'émetteur;
- permettre au personnel d'analyser les assignations de fréquence choisies pour les demandes reçues;
- permettre au personnel d'analyser les assignations de fréquence pour les demandes de coordination entrantes;
- utiliser automatiquement l'algorithme/le modèle par défaut pour la bande de fréquences et le type de service analysé;
- permettre l'exploitation en ligne des outils;
- permettre au personnel de mettre à jour les registres techniques effectifs du système à la fin d'une analyse;
- extraire les données d'occupation de la base de données du système de contrôle;
- permettre au gestionnaire du système d'utiliser un modèle différent;
- permettre au gestionnaire du système de mettre à jour les données d'entrée pour mieux représenter les conditions locales;
- afficher les résultats de l'analyse de propagation sur une carte numérisée intégrée dans le système.

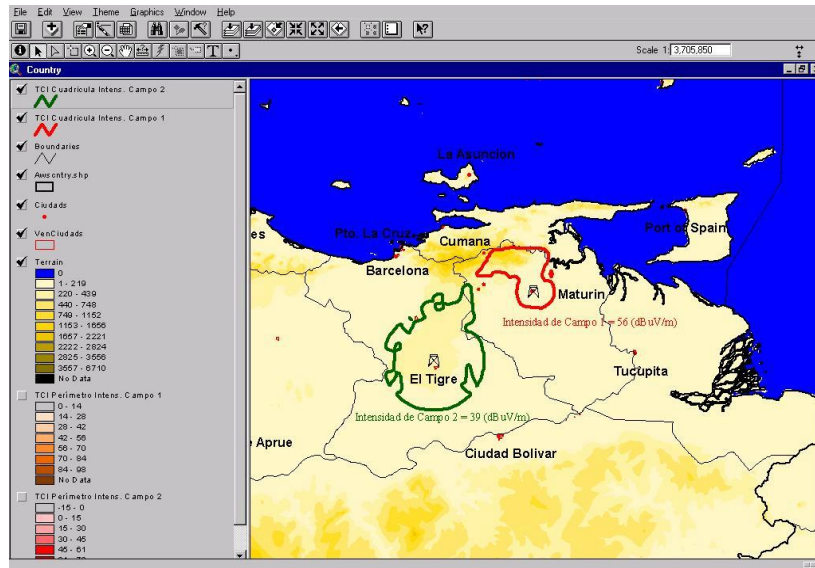
2.5 Rapports d'ingénierie

L'analyste de l'ingénierie du spectre accède au module d'ingénierie du spectre afin d'analyser l'environnement électromagnétique et obtenir des rapports. Lorsqu'un rapport requis est choisi, le système présente un écran sur lequel l'opérateur saisit tous les paramètres nécessaires et peut ensuite choisir le format du rapport (tableau ou graphique). Le système fournit les rapports suivants:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| – Analyse de la liaison et affaiblissement sur le trajet | – Tracé du profil du terrain |
| – Analyse de propagation | – Analyse d'intermodulation |
| – Contour de champ | – Outil d'analyse de la CEM |
| – Tracé des zones d'ombre | – Analyse de la hauteur de l'antenne |
| – Analyse de la zone de service | – Planification des hyperfréquences |
| – Analyse des brouillages | – Satellite, Appendice 7 du RR |
| – Tracé du profil du terrain. | – Satellite, Appendice 8 du RR. |

La Figure 7.5 représente un exemple de rapport qui est fourni par le système.

FIGURE 7.5
Analyse des brouillages



Nr. 5-xx Vm-7.05

3 Contrôle du spectre

Le système de gestion du spectre est intégré dans un système de contrôle du spectre conformément à la Recommandation UIT-R SM.1537. Les gestionnaires peuvent ainsi contrôler le spectre des fréquences radioélectriques au Venezuela. Le système entièrement intégré peut recevoir des demandes de réalisation de tâches du système de gestion et peut également renvoyer des rapports provenant des stations de contrôle. Chacune de celles-ci télécharge périodiquement une copie de la base de données de gestion, ce qui lui permet de disposer des informations les plus récentes sur les émetteurs détenteurs d'une licence.

Le logiciel du système fonctionne dans un environnement client-serveur Windows NT type et offre une solution pleinement conforme aux normes de l'UIT pour les besoins de l'administration en matière de contrôle du spectre. Le logiciel de contrôle offre la capacité d'obtenir, d'afficher et de sauvegarder les résultats de mesures produits par le système de contrôle. Les résultats peuvent être affichés sous forme alphanumérique ou graphique.

Les graphiques sont présentés sur une carte à l'aide du même type de système d'information géographique que le système de gestion. Sont affichés les renseignements ci-après concernant le système de contrôle choisi par un opérateur:

- lignes de relèvement pour un signal mesuré hors émission;
- distance et position d'un signal mesuré;
- localisation des émetteurs détenteurs d'une licence à partir de la base de données.

Une liste des paramètres des signaux mesurés est également affichée. L'opérateur a la possibilité de demander une copie imprimée des renseignements affichés. Le logiciel de contrôle permet d'obtenir, d'afficher et de sauvegarder les résultats de mesures produits par les systèmes de contrôle. Les renseignements sur les mesures ci-après sont disponibles pour chaque signal contrôlé hors émission:

- fréquence de signal mesurée;
- champ mesuré;
- paramètres de modulation mesurés;

- largeur de bande de la fréquence occupée mesurée;
- direction d'arrivée mesurée.

3.1 Capacités du logiciel

Le logiciel a les capacités suivantes:

Mesures: cette fonction permet d'effectuer des mesures précises des paramètres des signaux conformément aux Recommandations de l'UIT. Elle sert à vérifier la conformité avec les conditions des licences et peut être effectuée de façon programmée.

Contrôle d'appareils: cette fonction permet de trouver, d'identifier et d'enregistrer les paramètres de tel ou tel émetteur, généralement un système pirate sans licence ou une source de brouillages. Elle comprend des outils de radiogoniométrie perfectionnés permettant de localiser l'émetteur visé.

Outils: ils servent à contrôler, à détecter et à représenter sur une carte le spectre pour rechercher la présence de signaux. Il s'agit de moyens de base destinés à vérifier si l'environnement électromagnétique réel correspond aux informations contenues dans la base de données de gestion. L'outil de détection automatique des violations (AVD, *automatic violation detection*) signalera la cohérence et les divergences entre la base de données de gestion et l'environnement électromagnétique «réel». Les outils mesurant l'occupation du spectre assurent des contrôles statistiques pour vérifier que les canaux assignés sont utilisés conformément aux licences correspondantes.

Fonction de diagnostic (BITE): cette fonction permet d'obtenir l'état opérationnel d'un serveur (station de contrôle fixe, mobile ou portable).

3.2 Mesures

Le système de mesure contient les «calendriers des tâches» et les «résultats des tâches» qui permettent aux opérateurs de configurer le système pour qu'il effectue des mesures. Pour la réalisation des mesures, le logiciel fournit une connexion de réseau pour le «mode interactif» et une autre pour le «mode programmé».

- Le mode interactif permet une interaction directe avec un retour d'informations instantané, comme par exemple la syntonisation du récepteur de contrôle, la démodulation et le choix de l'affichage panoramique du spectre. (NOTE: Les opérations de radiogoniométrie peuvent être «immédiates» ou «programmées».)
- Le mode programmé (calendrier) offre une fonction calendrier qui permet à un client de réserver des intervalles de temps sur un serveur déterminé pour effectuer les mesures requises. Un seul serveur peut traiter les demandes de plusieurs clients. Il convient de noter que lorsque l'opération de mesure a été envoyée au serveur, le client peut se déconnecter jusqu'à ce qu'il ait besoin d'extraire les résultats.

L'opérateur dispose, dans le logiciel, de divers outils intégrés qui l'aident à personnaliser différentes tâches. Il peut ajouter des critères de programmation additionnels qui faciliteront la vérification des plaintes pour brouillages. Si le plaignant peut indiquer les heures auxquelles les brouillages se produisent, l'opérateur peut demander au système de procéder à des vérifications à ces heures. L'opérateur peut aussi confier au système la tâche de lancer un traitement immédiatement si nécessaire. La fonction de programmation lui permet aussi de programmer la fréquence et le nombre de mesures. L'opérateur peut visualiser, imprimer et sauvegarder un rapport qui résume les données collectées. Les rapports sur les résultats des mesures contiennent toutes les informations relatives à la configuration des mesures, et un résumé des résultats comprend les renseignements ci-après: données sur la tâche, date, heure, fréquence, largeur de bande, identité, mesure(s) demandée(s), type, résultats et données graphiques. Un ou plusieurs des paramètres suivants peuvent être choisis pour la mesure: largeur de bande occupée, modulation, champ, fréquence et direction.

Les mesures sont pleinement conformes aux Recommandations de l'UIT et au Manuel sur le contrôle du spectre radioélectrique. Les paramètres susmentionnés sont automatiquement répétés et une moyenne est automatiquement établie selon les valeurs choisies par l'utilisateur. Les techniques de calcul des moyennes comprennent la méthode linéaire, la méthode de l'écart quadratique moyen et la méthode du maintien maximal.

3.3 Affichage et contrôle des cartes

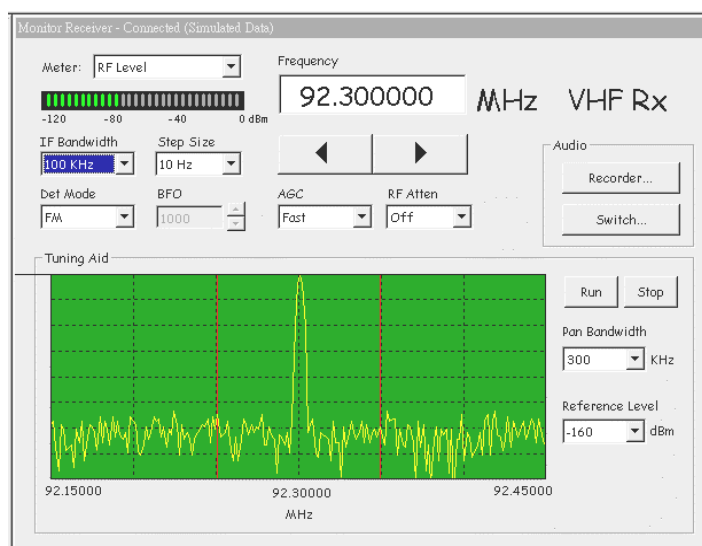
La fenêtre des cartes affiche les stations de contrôle du réseau, les résultats des opérations de radiogoniométrie et l'emplacement des émetteurs (avec des ellipses d'erreurs). Le système est configuré avec de nombreuses cartes. L'opérateur a la possibilité d'afficher de multiples couches (villes, régions, fleuves, etc.) du Venezuela en choisissant le bouton «Layers» (couches). Il peut faire un zoom vers gros plan, faire un zoom vers plan général, faire un panoramique, centrer ou effectuer des fonctions de mesure.

3.4 Récepteur de contrôle

L'opérateur commande les récepteurs de contrôle intégrés au moyen du tableau de commande virtuel (voir la Figure 7.6). Celui-ci est doté des commandes habituelles associées aux récepteurs autonomes types, qui assurent une commande interactive du récepteur permettant de visualiser en temps réel le signal contrôlé. Les informations d'état du récepteur et les commandes de fréquence, de modulation et d'amplitude sont affichées sur le même écran. L'ordinateur a également un commutateur audio et une carte son intégrés. Les enregistrements audio sont effectués de manière numérique sous forme de fichiers audio (.wav) et peuvent être transférés entre toutes les stations.

FIGURE 7.6

Ecran du récepteur de contrôle



Nat.Spec.Man-7.06

L'opérateur a accès à un certain nombre d'affichages qui permettent d'examiner les fréquences présentant un intérêt, notamment le panoramique du spectre. C'est le tracé sur l'axe des X et des Y de l'amplitude du signal par rapport à la fréquence, et il est possible d'afficher jusqu'à 10 MHz de largeur de bande de données numériques FI. L'opérateur peut se servir de cet affichage pour visualiser et identifier les signaux à large bande, ainsi que la relation entre les signaux dans le spectre radioélectrique, et pour rechercher les sources de brouillages.

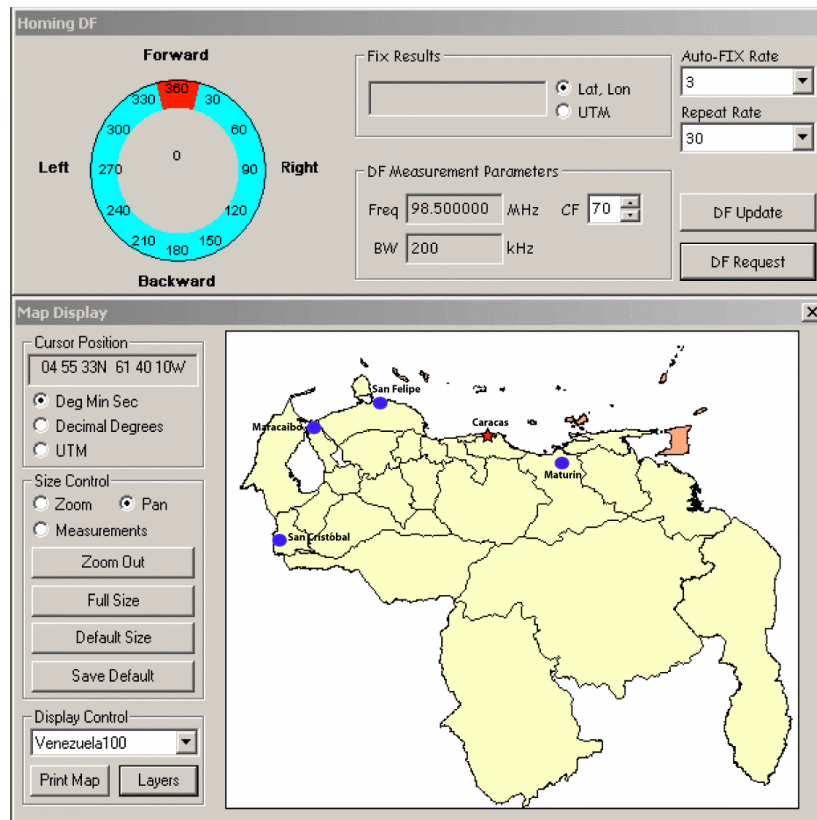
3.5 Radiogoniométrie

Le système de radiogoniométrie peut trouver rapidement et avec efficacité l'emplacement des émetteurs à l'aide des stations de contrôle. Le système peut calculer les résultats provenant de deux stations ou plus, et utiliser une seule station mobile pour effectuer une mesure radiogoniométrique de type «Drive Down».

Le système de radiogoniométrie de type «Drive Down» permet à une seule station de contrôle mobile d'effectuer des mesures radiogoniométriques et des mesures de puissance de signal successives pendant qu'elle se déplace. A partir de ces mesures, la station de contrôle mobile localise l'émetteur (voir la Figure 7.7).

FIGURE 7.7

Exemple de fenêtre d'affichage de cartes/mesures radiogoniométriques



Nat.Spec.Man-7.07

3.6 Simulation du contrôle à des fins de formation

Pour aider à former de nouveaux opérateurs et maintenir les opérateurs existants à niveau, le logiciel de contrôle dispose d'un module de formation intégré. Ce dernier permet aux nouveaux utilisateurs de se familiariser avec la programmation des mesures et la commande du récepteur sans mobiliser de ressources ou créer/supprimer des mesures dans la base de données de contrôle opérationnelle. Il aide aussi les opérateurs existants à mettre en pratique leurs connaissances en matière d'assignation et de techniques de contrôle.

Le module de formation est entièrement interactif et utilise l'aide en ligne disponible sur un ordinateur portable ou une station de travail ainsi que le manuel d'utilisation sur support papier pour aider un nouvel utilisateur à se familiariser avec l'interface, les affichages graphiques et les rapports disponibles sur le système. La formation peut être dispensée sans qu'un équipement de contrôle réel soit disponible sur le réseau.

3.7 Fonctions du système de contrôle du spectre

Le système de contrôle du spectre réalise toutes les mesures recommandées par l'UIT, y compris les mesures des paramètres des signaux (fréquence, champ et puissance surfacique, modulation, et largeur de bande occupée), la radiogoniométrie et l'occupation du spectre. Le système automatique de réalisation de mesures automatise l'ensemble du processus de sorte que les opérateurs n'ont pas à apprendre et à se rappeler les diverses règles de mesures, ni à passer leur temps à les observer.

Les mesures de l'occupation du spectre permettent à l'opérateur de définir la gamme à contrôler en spécifiant les fréquences de départ et d'arrêt de la bande examinée et de définir les paramètres de recherche, y compris la période pendant laquelle la recherche peut être effectuée.

Le système de contrôle a pour fonction principale l'AVD, outil puissant qui permet de vérifier la conformité des émetteurs pour lesquels une licence a été délivrée et de détecter les émissions non autorisées. Ce système fonctionne à partir des données relatives aux licences (assignations de fréquence) provenant de la base de données de gestion. Il détermine si une émission donnée est conforme aux tolérances pour ce qui est des largeurs de bande et des fréquences centrales assignées, ainsi qu'il est spécifié pour la bande et le service assignés dans le Plan national des fréquences du Venezuela. Il mémorise aussi dans la base de données de gestion des renseignements sur les émetteurs exploités sans une licence correspondante. Les mesures AVD peuvent être effectuées sur une seule fréquence ou sur une série de fréquences spécifiées par l'opérateur. La Figure 7.8 représente un écran de résultats type affiché par le système AVD.

3.8 Rapports

Des rapports sur les paramètres des signaux, l'occupation du spectre et d'autres mesures peuvent être obtenus du système.

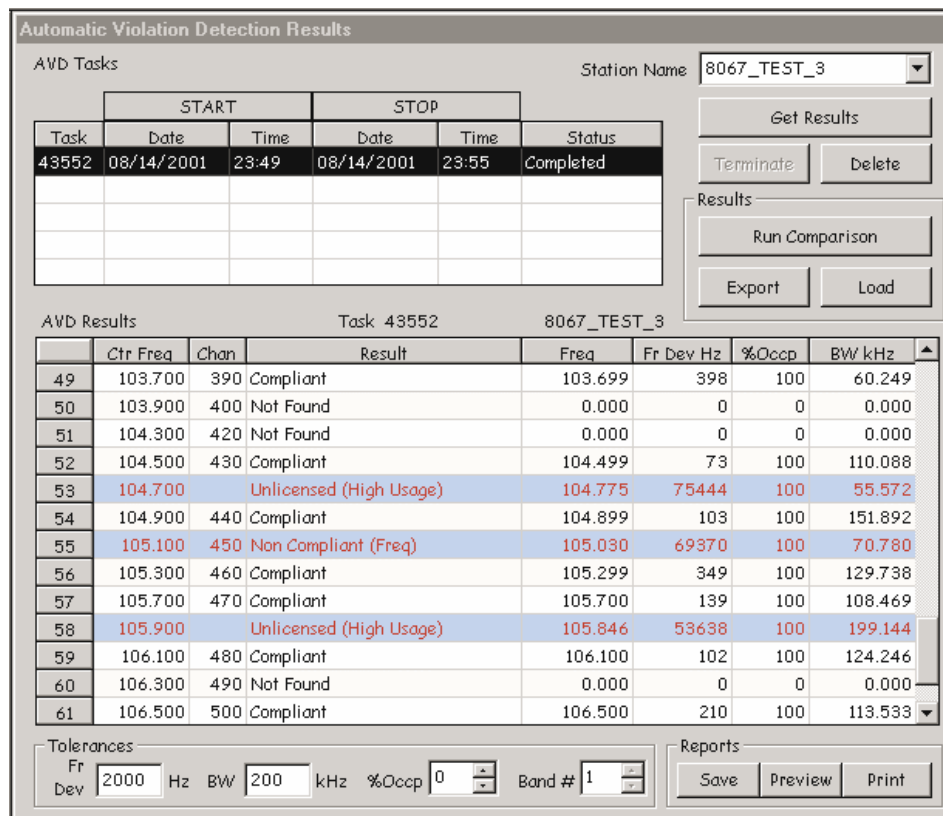
4 Utilisation du système par la CONATEL

La mise en place du nouveau système intégré de gestion et de contrôle du spectre a radicalement modifié la façon dont la CONATEL fonctionne. Avant l'introduction du système, le processus d'octroi de licences et de taxation était long et prenait souvent des semaines. Tous les enregistrements devaient être faits manuellement et il n'y avait aucun moyen de prévoir comment les nouveaux émetteurs interagiraient avec ceux qui étaient déjà installés. Les analyses devaient être réalisées au moyen d'appareils portatifs ou portables qui avaient des capacités limitées et n'étaient pas intégrés au système de gestion.

Depuis l'installation du nouveau système, le processus d'octroi de licences et de taxation peut être mené à bien en quelques heures. Avec les outils d'analyse intégrés et un accès total aux capacités de contrôle du spectre décrites dans le présent Manuel, le système de gestion du spectre peut vérifier que des fréquences sont disponibles et compatibles par rapport aux émetteurs existants et les assigner.

FIGURE 7.8

Exemple de résultats d'une détection automatique des violations



Nat.Spec.Man-7.08

Le système de gestion et de contrôle entièrement intégré a des fonctions remarquables de contrôle, d'établissement de rapports et d'échange de données; il peut utiliser les informations fournies par le système de gestion et par les stations de contrôle pour régler le spectre des fréquences radioélectriques. Le système a recours à ses fonctions d'AVD pour effectuer des recherches en cas de plaintes des utilisateurs et découvrir les émetteurs qui ne respectent pas les spécifications relatives à la fréquence assignée (largeur de bande, puissance, etc.).

4.1 Plaintes et détection des violations

Dans le système, la principale base de données sert de lieu d'enregistrement central de toutes les plaintes. A réception d'une plainte d'un utilisateur, une vérification est effectuée par rapport à la liste des plaintes pour voir s'il s'agit d'une nouvelle plainte ou d'une plainte qui a déjà été déposée. Lorsqu'il a été déterminé qu'il s'agit d'une nouvelle plainte, le logiciel de contrôle du spectre est utilisé pour collecter des données de mesures de fréquences sur la station incriminée aux fins d'une enquête plus approfondie. Un large éventail d'outils d'analyse technique a été prévu dans le cadre du logiciel intégré et sert à analyser la plainte.

Le système comprend trois formulaires permettant de traiter les renseignements concernant la plainte: un pour la plainte, un pour l'inspection et un pour la violation:

- Le formulaire concernant la plainte contient des renseignements décrivant à la fois l'incident à l'origine de la plainte et la personne qui a déposé la plainte.
- Le formulaire concernant l'inspection sert à enregistrer des renseignements sur l'inspection réalisée en rapport avec la violation et la plainte.
- Le formulaire concernant la violation permet d'enregistrer les renseignements sur la violation reçus en rapport avec une plainte.

Le logiciel permet à l'opérateur de collecter toutes les données pertinentes et d'examiner la plainte. Le personnel peut alors rejeter celle-ci ou prendre une autre mesure, par exemple infliger une amende à un concessionnaire ou résilier une licence.

4.2 Capacité d'expansion

L'exploitation du spectre radioélectrique est un phénomène en constante évolution. A mesure que l'on découvre des utilisations plus nombreuses du spectre radioélectrique, le système de gestion et de contrôle de celui-ci doit avoir la capacité d'expansion correspondante. Le système a été conçu compte tenu de cette perspective. Le système est de conception modulaire et possède de puissantes capacités centrales qui lui permettent facilement de s'adapter à de futurs besoins. Les possibilités d'expansion futures sont les suivantes: mise à niveau des algorithmes destinés à l'analyse et à la démodulation de nouveaux formats de communication, adjonction de systèmes mobiles ou fixes, extension de la gamme de fréquences des stations mobiles et ajout de stations de travail pour les opérateurs.

5 Expérience d'autres organismes en ce qui concerne le système de gestion automatisée du spectre utilisé par la CONATEL

5.1 Introduction

Les paragraphes précédents de la présente Annexe décrivent le système de gestion automatisée du spectre utilisé par la CONATEL. Le système décrit ci-dessus et dans les références 1 et 2¹ a été fourni par TCI. Il est actuellement exploité par plusieurs organismes de réglementation dans le monde, mis à part la CONATEL, notamment au Zimbabwe, en Colombie, en Namibie, en Mauritanie, en République dominicaine et en Ouganda. Le présent paragraphe récapitule certains des avantages expérimentés par les utilisateurs en question.

On trouvera ci-après quelques exemples de la façon dont le système a permis d'automatiser et d'améliorer les opérations de gestion du spectre pour les administrations susmentionnées.

- Une administration avait l'habitude de traiter 10 à 20 demandes par semaine, avec un arriéré de 4 à 8 semaines pour le traitement et l'agrément d'une demande type. Une fois le système installé et les opérateurs formés, la même organisation a pu traiter et agréer 90 demandes (avec assignation de fréquence) pendant la première semaine d'exploitation.
- Certaines administrations employaient traditionnellement des groupes de personnes distincts pour administrer les services de radiodiffusion et les services de télécommunications, de sorte qu'elles ne disposaient jamais d'un processus unifié de traitement et d'octroi de licences. Après avoir acquis le système décrit dans la présente Annexe, les administrations en question ont pu disposer d'une base de données unifiée et d'un processus d'approbation et d'assignation de fréquence unifié pour tous les utilisateurs du spectre. Elles ont continué à recourir à des groupes distincts pour les différents services, mais tout le monde utilisait le même système, et tous les renseignements administratifs et techniques étaient mémorisés dans un registre central.
- Les administrations en question ont également ajouté à la base de données du système une fonction de traitement, d'agrément et de facturation pour les autorisations et les licences concernant les services qui n'exigeaient pas une utilisation du spectre, comme par exemple la téléphonie filaire ou les services à valeur ajoutée. Par le passé, la gestion de ces services était assurée par de petits tableurs distincts. Le système a permis aux administrations de tenir une base de données unifiée concernant tous les utilisateurs et toutes leurs sources de recettes.

D'autres exemples s'appliquant à des sujets particuliers sont examinés ci-après, dans la section pertinente.

¹ Références:

WOOLSEY, R.B. [2000] Proc., ITC/USA 2000, «Automatic Tools for Telemetry Test Range Spectrum Management» TCI, A Dielectric Company, 47300 Kato Road, Fremont CA 94538-7334.

Spectrum Management Systems (<http://www.tcibr.com/PDFs/710webs.pdf>).

5.2 Traitement des demandes

Le système assure la saisie de données et le traitement des demandes de services, permettant ainsi à l'administration de s'acquitter des fonctions d'assignation de fréquence et d'octroi de licences décrites au Chapitre 3 de ce Manuel. La plupart des utilisateurs du système ont jugé pratique d'imprimer les formulaires de demande directement à partir du système. Ces formulaires sont ensuite remplis par les requérants. Les données de ces formulaires sont ensuite aisément saisies dans le système.

5.3 Assignation de fréquence

Le système aide l'opérateur dans les fonctions d'assignation de fréquence décrites au Chapitre 3 de ce Manuel. Les administrations ayant recours au système ont toutes jugé pratique la recherche automatique, dans la base de données, d'autres émetteurs fonctionnant à une fréquence proposée et ont estimé que l'aide fournie par le système pour l'assignation de fréquence était très puissante.

5.4 Aspects économiques du spectre

Le système comprend un progiciel financier intégré relatif aux créances clients et gère le traitement des taxes, ce qui constitue un élément essentiel des aspects économiques du spectre décrits au Chapitre 6 de ce Manuel. Avant d'acquérir le système, certaines administrations n'avaient pas traité les factures de renouvellement de licences depuis des années car ce processus était trop contraignant avec des systèmes d'archivage sur support papier ou des systèmes informatiques simples. Le système a permis à ces administrations d'engranger facilement des recettes grâce aux renouvellements de licences.

5.5 Octroi de licences

Le système automatise la plupart des fonctions de traitement et de délivrance de licences décrites au Chapitre 3 de ce Manuel. Certaines administrations qui l'utilisent archivaient les licences sur support papier dans des armoires, dans lesquelles elles n'étaient pas aisément accessibles pour des recherches. Les données de ces licences sur support papier ont été saisies dans le système et font maintenant partie de sa base de données, et elles sont facilement accessibles pour des recherches informatiques et pour être utilisées par le système lorsque des fréquences sont assignées.

5.6 Ingénierie du spectre

Le système est doté d'outils puissants aidant les opérateurs à réaliser les fonctions d'ingénierie du spectre décrites au Chapitre 5 de ce Manuel. Les administrations qui ont recours au système considèrent ces outils comme particulièrement utiles pour répondre à des questions du type «Que se passe-t-il si» car ils les aident dans leurs opérations de planification du spectre.

5.7 Contrôle du spectre

Le système intégré réalise les fonctions de contrôle du spectre décrites au Chapitre 4 de ce Manuel. L'avantage le plus important d'un système entièrement intégré découle peut-être de la détection AVD. Un système intégré peut comparer les mesures effectuées par le système de contrôle aux renseignements sur les licences provenant du système de gestion afin de déterminer les fréquences exploitées par des émetteurs qui ne figurent pas dans la base de données des licences et afin de déterminer les émetteurs qui ne fonctionnent pas selon les paramètres de leur licence. Certains utilisateurs du système ont spécifié dans les documents d'appel d'offres que le système AVD faisait partie du système de gestion et de contrôle du spectre, et ont constaté que c'était un outil extrêmement puissant pour aider les opérateurs à détecter les émetteurs fonctionnant sans licence et ceux qui ne fonctionnent pas selon les paramètres de leur licence.

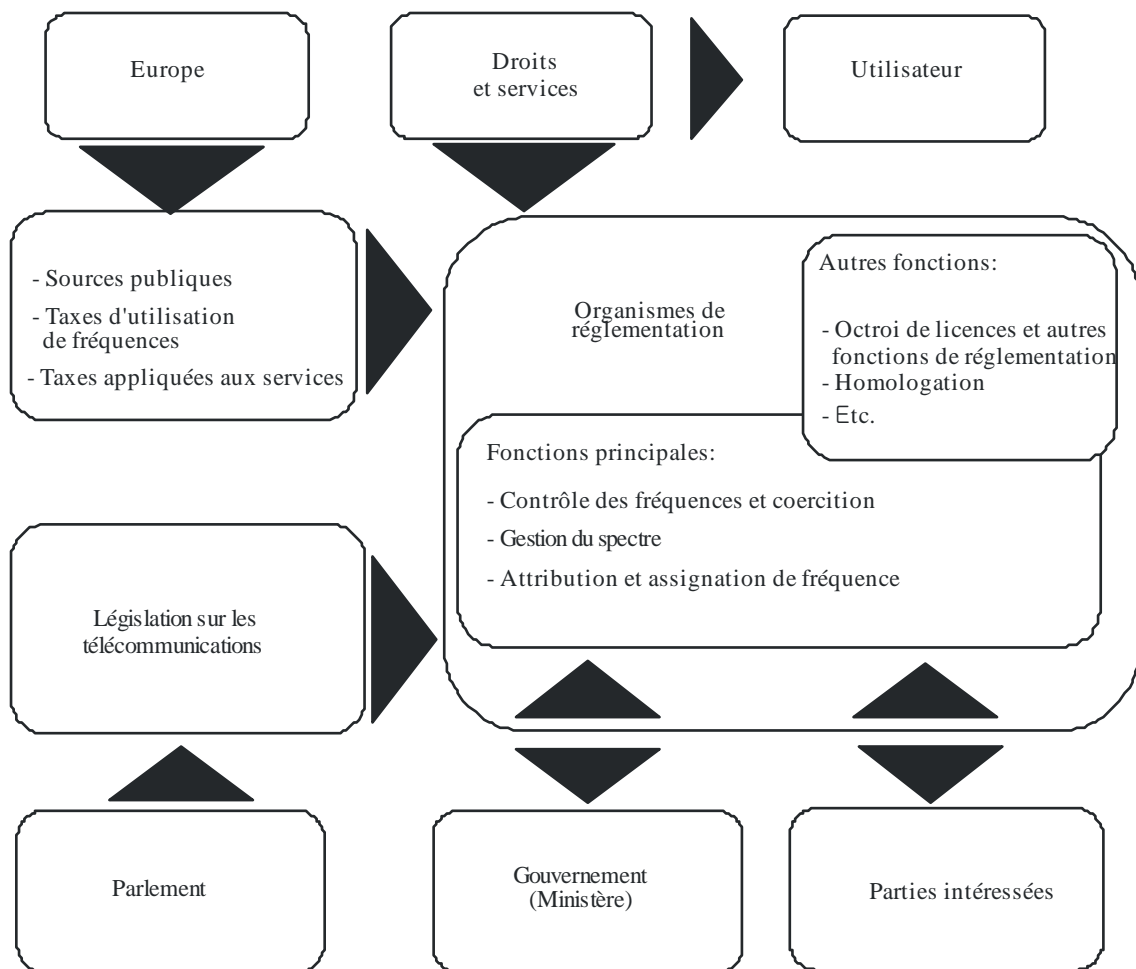
ANNEXE 4

AU CHAPITRE 7

Exemple de logiciel et d'automatisation pour la gestion du spectre en Europe centrale et orientale

Onze pays d'Europe centrale et orientale ont bénéficié d'un important projet d'une durée de plusieurs années dans le cadre du programme multinational Phare financé par l'Union européenne dans le but d'analyser les problèmes et de recenser les solutions dans le domaine de la gestion du spectre et du contrôle des fréquences. Malgré le caractère technique spécialisé du sujet, une grande partie du projet était consacrée à l'examen de la question de savoir comment créer des organismes de réglementation et définir leurs attributions, leurs outils et les possibilités de financement. La raison d'être de ce projet était l'établissement d'une sorte d'organisme national de réglementation (NRA, *national regulatory authority*) en tant qu'organe de service public conformément à la pratique des Etats Membres de l'UE.

Le système de réglementation des communications radioélectriques, comme le régime de réglementation des télécommunications national global lui-même, est considéré comme faisant partie d'un environnement politique, juridique et économique plus large.



Promouvoir l'indépendance de l'organisme de réglementation ne signifie pas cependant que l'Etat doive renoncer à toute influence sur les questions politiques ayant trait au développement du secteur des télécommunications. Cela sera et restera une dimension politique de la réglementation. Ce qui importe, c'est d'établir une division claire et sans équivoque des attributions et fonctions entre le niveau politique (c'est-à-dire le ministère compétent) et le niveau réglementaire (c'est-à-dire le NRA).

D'une part, le système politique doit fournir la législation et assurer un contrôle parlementaire, cadre dans lequel le NRA fonctionnera. D'autre part, les mesures pratiques visant à permettre au NRA d'exercer ses activités quotidiennes en toute indépendance – si elles sont correctement prises – peuvent consolider les principes de démocratie et de bonne gouvernance.

L'indépendance financière est un moyen efficace pour le NRA devenir indépendante dans ses opérations. Le revenu nécessaire au NRA peut être obtenu par l'application de taxes et de redevances aux utilisateurs. La création d'institutions de réglementation modernes dans les pays de la CEE dépend d'un certain nombre de facteurs qui varient d'un pays à l'autre. Même si le processus de modernisation a débuté dans l'ensemble de la région, les progrès réalisés vers 1998 étaient encore très variables selon les pays.

Le projet visait cinq points essentiels en matière de création d'un organisme de réglementation national et recommandait de fixer les priorités de la manière suivante:

- établissement du fondement législatif;
- création de la structure institutionnelle;
- détermination des possibilités financières;
- mise en valeur des ressources humaines;
- acquisition des outils techniques nécessaires.

La façon dont chaque pays participant s'attaque à ces priorités préfigure l'approche qu'il adoptera au regard de la modernisation. Le projet de gestion du spectre et de contrôle des fréquences (SMFM, *spectrum management and frequency monitoring*) a tenté d'étudier les approches en question.

Les principales observations communes aux pays considérés indiquent que:

- le personnel professionnel chargé de la réglementation a généralement une bonne connaissance des nouveaux objectifs;
- le processus de changement réglementaire risque de se perdre dans la masse des autres processus de changement;
- le dialogue entre les différents secteurs de l'administration nationale peut être amélioré. Le dialogue entre l'organisme de réglementation et le Ministère des finances peut devoir être renforcé;
- dans la plupart des pays de la CEE, le niveau éventuel (et actuel) de taxes et d'impositions perçues paraîtrait suffisant pour couvrir les dépenses de l'organisme de réglementation (à condition de mettre en place des procédures appropriées d'attribution et de transfert).

Les observations confirment qu'il est possible d'établir un organisme de réglementation indépendant financièrement, avec des perspectives réalistes d'engendrer un excédent (c'est-à-dire un revenu net pour l'Etat). Alors qu'une grande attention est accordée aux droits et obligations respectifs des ministères, de l'organisme de réglementation et des opérateurs de télécommunication, le régime qui permet à l'organisme de réglementation de financer ses coûts et investissements récurrents est très souvent insuffisant.

Les projets de plans présentés montrent que le processus de modernisation devrait être achevé entre 2000 et 2006 dans les différents pays. Dans ces plans, la première tâche, selon les priorités définies, a été la mise en oeuvre d'une interface normalisée pour le spectre (l'interface P) entre les pays, qui permet des échanges administratifs en vue de la coopération transfrontalière; l'interface P fonctionne actuellement.

L'interface P, une interface normalisée pour le spectre

Malgré les différentes approches nationales concernant la gestion du spectre mises en évidence dans la configuration précédente, il existe des domaines pratiques dans lesquels la coopération transfrontalière est possible et utile. Un de ces domaines concerne la capacité d'échanger des données sur les radiocommunications

et les logiciels de gestion des fréquences. Le programme multinational commun Phare décrit ici visait l'élaboration d'une interface normalisée (l'interface P) en tant qu'outil commun pour l'échange de données et de logiciels entre les systèmes de gestion nationale du spectre. L'interface P est une contribution à un objectif plus large, qui est de faciliter le développement de services axés sur les radiocommunications et de réduire les risques de brouillages radioélectriques préjudiciables.

Le logiciel de l'interface P correspond à un serveur de base de données virtuel qui permet à ses clients d'accéder, de manière transparente, à un ensemble de bases de données sous-jacentes. En tant que participants à ce projet de 12 mois, 11 pays d'Europe centrale et orientale se proposent de mettre en oeuvre la couche de l'interface P pour échanger des données et des logiciels entre eux. L'un des principaux avantages de l'interface P est de permettre à diverses administrations d'utiliser le même programme de calcul de compatibilité. Le logiciel mis au point pour une administration est portable dans le système des autres administrations. Autrement dit, une administration peut appliquer son propre logiciel de calcul de compatibilité aux données reçues d'une administration étrangère tout comme elle peut exploiter, dans son propre environnement, un programme de calcul de compatibilité reçu de l'administration étrangère. Un exemple de ce logiciel commun est la méthode de calcul harmonisée.

L'interface P présente une seule interface de programmation d'application qui permet de certifier le logiciel de calcul de compatibilité. Ainsi, la charge de réaliser le logiciel peut être partagée entre les administrations participantes. L'informatisation garantit que l'échange de données sur les radiocommunications sera complet et cohérent. Un échange direct entre les administrations écourte le processus de coordination, l'objectif final étant de faciliter le développement des services axés sur les radiocommunications et de réduire les risques de brouillages.

La technologie implantée est fondée sur le concept client/serveur selon lequel les données pertinentes des systèmes de gestion nationale du spectre sont accessibles par le biais de services de serveur. Au moyen d'une interface normalisée avec le serveur, les données sont considérées comme étant placées dans un conteneur avec un moyen d'accès transparent. La structure interne des données ou les moyens de stockage des données n'entrent donc pas en ligne de compte et sont invisibles pour l'application client.

Les principes de l'interface P offrent une approche harmonisée pour les aspects suivants:

Utilisation d'un seul dictionnaire de données

L'un des principaux problèmes de l'échange de données est l'identification spécifique des éléments de données. Les éléments de données utilisés par l'interface P sont ceux définis par les Commissions d'études des radiocommunications de l'UIT. Chaque administration est en mesure d'identifier adéquatement et clairement les informations ayant trait à la gestion des fréquences.

Définition d'une structure commune de base de données sur les radiocommunications

Chaque élément de données est affecté, comme attribut de base de données, à une entrée sur les radiocommunications gérée par l'interface P. La structure de base de données intègre les derniers résultats des Commissions d'études de l'UIT et peut être adaptée pour prendre en compte les besoins des calculs de compatibilité.

Encapsulation de la base de données d'origine

L'interface P encapsule la base de données de l'utilisateur de façon que le client voie la «base de données P normalisée» qui contient des informations pertinentes pour la coordination des fréquences et les calculs de compatibilité; l'interface P peut encapsuler un certain nombre de conteneurs de données dans une session de la base de données. Pendant cette opération, toutes les anciennes applications sont préservées.

Utilisation d'un serveur de cartes commun

Des systèmes de coordonnées différents sont utilisés par les pays participants. Pour résoudre ce problème, l'interface P offre une interface commune avec les données numériques de terrain. L'interface P conserve le système géodésique mondial de 1984 (WGS84) comme système de coordonnées de référence. Elle offre des services de conversion entre les systèmes de coordonnées d'origine et le système WGS84.

Prise en charge de l'échange de données

Dans les concepts proposés, l'échange de données devient un simple acte, celui d'envoyer un conteneur de transport à une administration étrangère. L'acheminement du conteneur est de type Internet. Selon le scénario type, les données sont transmises dans le conteneur de transport. Celui-ci est relié à la base de données de l'utilisateur. Du côté client de l'interface P, aucune distinction n'est faite quant au point de savoir si un élément de données particulier provient du conteneur de transport ou de l'un des conteneurs locaux.

En somme, les problèmes traités dans le projet étaient complexes en raison des divers environnements existant déjà dans les pays participants. Le projet avait un caractère multidisciplinaire et devait résoudre des problèmes tels que gestion des fréquences, méthodes de calcul avancées, accès à une base de données hétérogène et architectures des systèmes informatiques.

ANNEXE 5

AU CHAPITRE 7

Gestion nationale des fréquences en Turquie**Introduction**

Par suite de l'accroissement de la demande de spectre, bon nombre de pays sont confrontés à la nécessité de mettre rigoureusement en application la réglementation régissant l'utilisation des fréquences. Il est nécessaire de contrôler les exploitants de systèmes hertziens titulaires d'une licence pour s'assurer que leurs réseaux respectent les longueurs d'ondes assignées, que les stations de télévision ou de radio fonctionnant de manière illicite soient détectées et que des mesures soient prises à leur rencontre.

Le gouvernement turc a mené une action dynamique afin de s'assurer qu'il y a suffisamment de fréquences pour répondre à la demande croissante. L'Autorité en charge des télécommunications a mis au point un système de contrôle national installé en plusieurs lieux qui réalise les fonctions suivantes:

- supervision des signaux radioélectriques;
- mesure de l'occupation du spectre;
- mesure des émissions de radiodiffusion sonore et télévisuelle;
- détection des violations de fréquences;
- détermination des zones de couverture radioélectrique et établissement de la cartographie correspondante;
- analyse des brouillages de signaux;
- localisation des stations illicites;
- collecte de statistiques pour la gestion générale des fréquences.

Un élément essentiel de ce système est le système de gestion nationale des fréquences (NFMS, *national frequency management system*), constitué de deux logiciels clés intégrant les techniques d'ingénierie du spectre les plus récentes, ainsi que des techniques de modélisation de la propagation et de visualisation de données géospatiales permettant de réaliser les objectifs des pouvoirs publics. L'Autorité turque en charge des télécommunications, qui est similaire à la «Federal Communications Commission» des Etats-Unis d'Amérique, a adjudgé le contrat visant le système de gestion nationale des fréquences au «Communications and Spectrum Management Research Center» (ISYAM) de l'Université Bilkent d'Ankara car celui-ci est engagé depuis longtemps dans l'étude de l'ingénierie du spectre dans les applications de télécommunications, en particulier la planification, l'assignation et l'utilisation des fréquences.

Le système de contrôle national (NMS, *national monitoring system*) comprend un centre de contrôle national (NCC, *National Control Centre*) situé à Ankara et sept centres de contrôle régionaux (RMC, *Regional Monitoring Centres*) situés dans différentes villes de Turquie. Il y a des stations de contrôle fixes et portables, ainsi que des systèmes mobiles de mesure des radiodiffusions et des véhicules de contrôle mobiles qui transportent des équipements de radiogoniométrie et de contrôle semblables à ceux des stations fixes. Le système de contrôle du spectre est ce que l'Autorité utilise pour contrôler les fréquences, analyser les brouillages entre les stations, vérifier la conformité des paramètres des stations radio avec les licences et localiser les émissions illicites. La gamme de fréquences du système NFMS s'étend de 10 kHz à 40 GHz tandis que le système de contrôle couvre les fréquences comprises entre 10 kHz et 2,5 GHz.

Le projet a été adjudgé en mai 1998. Des prescriptions détaillées en ce qui concerne les spécifications et l'analyse, suivies de la conception et de la réalisation du système, ont donné le jour à la première version du NFMS, qui a été mis en service au NCC et au RMC d'Ankara. Au cours de l'année suivante, les retours d'information de l'équipe administrative de l'Autorité et des utilisateurs du NFMS ont permis d'améliorer le système et de l'adapter entièrement aux besoins des utilisateurs. En parallèle, les données existantes de l'Autorité, sous forme électronique, ont été transférées à la base de données du nouveau système.

Présentation du système

Architecture du système

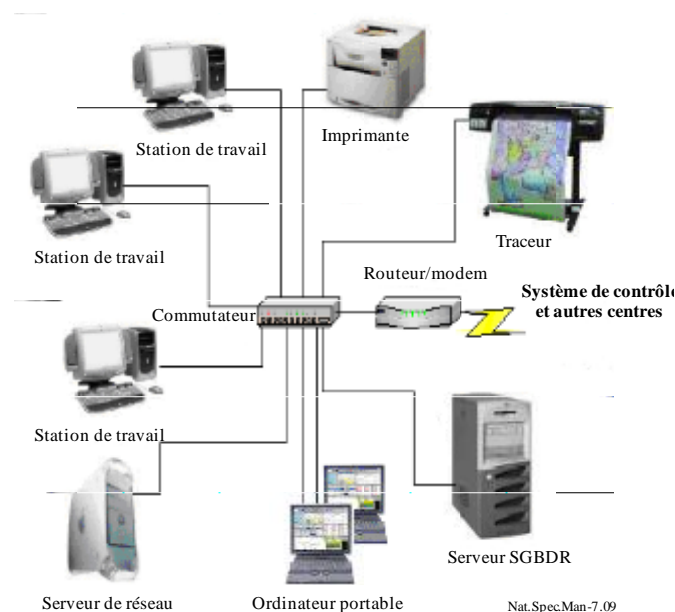
Le NFMS et ses éléments constitutifs ont une structure modulaire constituée de trois couches:

- *une couche physique*, composée d'équipements informatiques et d'installations de réseau de communication destinés à prendre en charge les activités infrastructurelles et les systèmes d'application;
- *une couche infrastructure de soutien*, constituée d'un système d'exploitation, d'une base de données et d'un système de gestion de base de données, ainsi que d'outils logiciels destinés à prendre en charge les systèmes d'application;
- *une couche système d'application*, composée de logiciels d'application spécifiques et de bases de données locales visant à prendre en charge des activités particulières et les calculs connexes.

Le NFMS a été conçu compte tenu du Manuel d'application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique (CAT) de l'UIT-R et avec des améliorations additionnelles permettant un fonctionnement dans de multiples centres opérationnels régionaux. Il a une architecture client-serveur qui fonctionne sur des stations de travail utilisateur reliées à un réseau local (LAN) dans un centre opérationnel. Toutes les données administratives et d'exploitation sont conservées dans un serveur de gestion de base de données local, également relié au LAN. Chaque centre opérationnel peut aussi être connecté à d'autres centres opérationnels par un réseau étendu, de manière à constituer un environnement opérationnel réparti mais intégré. Le NFMS peut utiliser toute ressource informatique s'appuyant sur cette infrastructure. Les données de chaque serveur de base de données des différents centres opérationnels sont reproduites pour que les informations soient complètes et cohérentes. La Figure 7.9 représente l'architecture du système pour un centre multi-opérationnel.

FIGURE 7.9

Architecture d'un centre multi-opérationnel



Pour éviter que des utilisateurs non autorisés accèdent aux données du NFMS et les manipulent, le système assure une sécurité sur quatre couches: la couche système d'exploitation, la couche station de travail client, la couche base de données et la couche application. Outre ces niveaux de sécurité, le système permet d'assurer une action de suivi liée à la sécurité sous trois formes: vérification effectuée par le SGBDR et horodatage des

enregistrements, vérification des tentatives de connexion et journaux des suppressions d'enregistrements assurés par la couche application.

Selon la politique administrative appliquée par l'Autorité, cette architecture peut devenir un système centralisé dans lequel il existe une seule base de données centrale et des clients situés dans des centres opérationnels distants peuvent accéder aux données de cette base de données centrale et les manipuler.

Méthodes de conception et de mise en oeuvre: les clés du succès

Au cours de la réalisation du NFMS, le processus défini par la norme de réalisation des logiciels J-STD de l'IEEE a été suivi et le projet a été géré et documenté selon les normes de certification ISO 9001:1994.

Les normes relatives à l'élaboration et à la documentation des projets ainsi qu'à la gestion de la configuration des projets ont permis d'appliquer efficacement les principes de génie logiciel aux processus relatifs à la durée de vie des logiciels et donc d'éviter l'omission de tout détail tant dans la phase de conception que dans la phase de mise en oeuvre, ce qui permis d'obtenir la robustesse et la qualité souhaitées pour les logiciels.

Des outils de génie logiciel ont été utilisés pour l'analyse et la conception du système de sorte que les modifications et remaniements peuvent être aisément effectués sur les éléments du système. Le NFMS a été conçu et mis en oeuvre de manière indépendante du système de gestion de base de données retenu. Son architecture ouverte permet l'adjonction de nouveaux modules et une intégration à d'autres systèmes de gestion du spectre. Des outils de programmation spécialement adaptés aux opérations relatives aux bases de données ont été utilisés pour obtenir une qualité de traitement de haut niveau.

Tous ces éléments conjugués à une excellente gestion et à une excellente coordination du projet avec l'Autorité en charge des télécommunications ont donné naissance à un système extrêmement performant qui dépasse les spécifications techniques et ont permis d'achever le projet en temps voulu.

Logiciel d'application

Les deux éléments importants du NFMS sont le *système d'ingénierie du spectre et d'aide au contrôle (BilSpect)* et le *système d'informations de gestion (MIS)* qui fonctionnent entièrement en partage de données. Ces systèmes fournissent des interfaces graphiques dotées de fonctions avancées telles que la validation des données, l'aide en ligne et la recherche de données, fonctions que l'on est en droit d'attendre d'un logiciel d'application de haute technologie.

Système BilSpect

Le système d'ingénierie du spectre et d'aide au contrôle (BilSpect) se compose de deux éléments principaux, le système d'aide au contrôle (MSS) et le système d'ingénierie du spectre (SES).

Système d'aide au contrôle (MSS)

Le système d'aide au contrôle permet d'automatiser le système de contrôle national et de l'intégrer au NFMS ainsi que le décrit la Recommandation UIT-R SM.1537. Il commande les fonctions de mesure automatiques réalisées à diverses stations de contrôle et affiche les données de mesures collectées dans le cadre de ces opérations de contrôle sous forme de tableaux ou de graphiques.

A l'aide de ce système, un opérateur d'un RMC peut générer des tâches de mesure automatiques telles que la mesure de l'occupation du spectre, détecter les stations illicites ou vérifier la conformité des paramètres des stations radio avec leur licence dans un planificateur hebdomadaire pour chaque station de contrôle distante. Ces stations de contrôle reçoivent l'ordre d'accomplir ces tâches par le biais de la base de données et, après avoir réalisé les mesures définies, elles transfèrent les résultats au centre de contrôle aux fins de l'analyse statistique ou de l'affichage graphique. Le système d'aide au contrôle comprend une fonction de détection automatique des violations qui permet de générer des alarmes pendant la recherche de signaux d'émetteurs fonctionnant sans licence ou de signaux qui s'écartent des paramètres définis par une licence.

Par exemple, les résultats des mesures de l'occupation du spectre peuvent être évalués de trois façons différentes, à savoir en fonction de l'occupation de la bande de fréquences, de l'occupation d'une fréquence unique ou des heures d'occupation (sous forme de tableaux). Le diagramme d'occupation de la bande de fréquences représente les fréquences sur l'axe des x et les valeurs d'occupation des fréquences (en pourcentage) sur l'axe des y. Le diagramme d'occupation d'une seule fréquence représente les valeurs d'occupation d'une

fréquence (en pourcentage) sur l'axe des y et la durée sur l'axe des x. Le tableau des heures d'occupation calcule les moyennes glissantes sur une heure des valeurs d'occupation pour une fréquence commençant à chaque quart d'heure et indique l'heure pendant laquelle l'occupation est à son niveau le plus élevé dans un intervalle de 24 h. Si les valeurs d'occupation d'une fréquence sont disponibles pour une période supérieure à 24 h, le tableau indique séparément les heures d'occupation de chaque jour.

Si une utilisation de fréquences illicite est suspectée, trois stations de radiogoniométrie sont chargées d'effectuer les mesures de relèvement pour la fréquence considérée au moyen des antennes adéquates. Si les trois stations peuvent identifier la direction de la source du signal en question, une simple technique de triangulation permet de localiser la cible éventuelle, qui est également affichée sur la carte, ainsi que les stations de radiogoniométrie et les relèvements.

Système d'ingénierie du spectre (SES, spectrum engineering system)

Le système SES comprend divers modules logiciels destinés à aider les opérateurs à réaliser les fonctions d'ingénierie du spectre nécessaires pour la gestion automatisée des fréquences comme le décrit la Recommandation UIT-R SM.1370. Ces modules servent à effectuer l'analyse de la propagation, l'analyse des brouillages, l'analyse de la liaison, l'assignation et la planification des fréquences, les calculs de coordination internationale et les opérations relatives à la base de données, ainsi qu'à produire des rapports très utiles. Le système SES est intégré à un système d'information géographique (GIS, *geographic information system*), ce qui permet d'afficher les résultats des analyses à l'écran, sur une carte qui peut être choisie par l'utilisateur, et d'utiliser tout type de données géospatiales tramées ou vectorielles. Le système fournit les fonctions suivantes:

- Prévision de la propagation à l'aide de données numériques d'élévations de terrain et de modèles de propagation recommandés par l'UIT.
- Calcul de la zone de couverture de la station et affichage sur des cartes numériques.
- Analyse des liaisons hertziennes et calcul de la disponibilité des liaisons selon la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R P.530.
- Pour les services de radiodiffusion audionumérique et vidéonumérique de Terre (T-DAB et DVB-T), calcul des niveaux des signaux utiles et des signaux brouilleurs, de la probabilité de gain et de couverture pour un réseau fonctionnant sur une seule fréquence.
- Analyse des brouillages à l'intérieur des services de radiodiffusion sonore et télévisuelle analogiques et les services mobiles terrestres.
- Analyse des brouillages entre les services de radiodiffusion télévisuelle analogiques et les services T-DAB et DVB-T.
- Calculs de compatibilité entre les services de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz selon la Recommandation UIT-R SM.1009.
- Analyses des brouillages d'intermodulation et de désensibilisation.
- Planification des fréquences pour les services de radiodiffusion sonore et télévisuelle analogiques.
- Calcul automatique des assignations de fréquence potentielles pour les circuits mobiles terrestres fonctionnant dans la bande des ondes décamétriques (2-30 MHz) à l'aide du programme ICEPAC élaboré par la National Telecommunications Information Administration (NTIA) des Etats-Unis d'Amérique.
- Dans les zones frontalières, détection et affichage, sur la carte, des stations qui pourraient nécessiter une coordination internationale.
- Tenue à jour des enregistrements de la base de données pour les opérations de coordination avec les pays voisins.
- Etablissement de formulaires de notification à l'UIT pour les assignations de fréquence nécessitant une coordination internationale, sur support papier ou sous forme électronique, ces formulaires contenant toutes les données devant être envoyées à l'UIT.

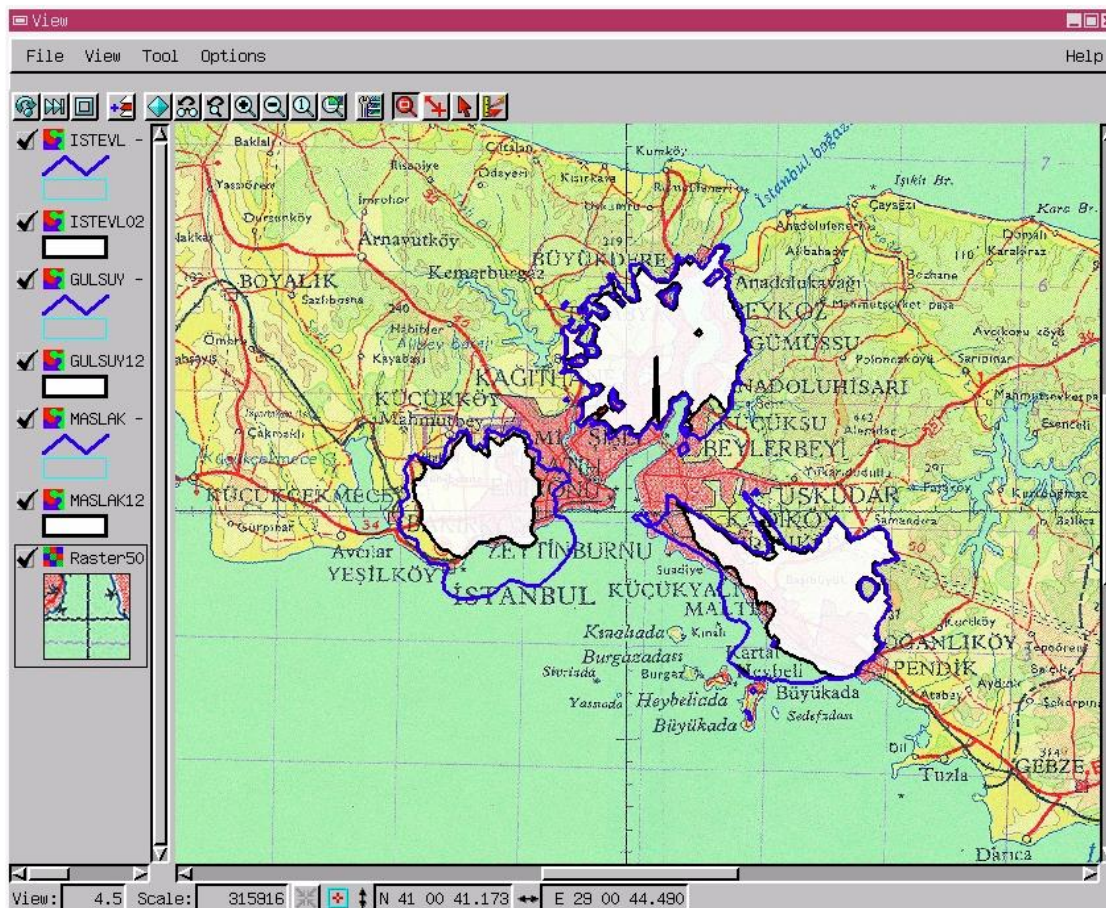
- Calculs de coordination pour les stations radio fonctionnant dans la bande des ondes kilométriques/hectométriques à l'aide de la méthode décrite dans l'Acte final de l'Accord régional (Genève, 1975).
- Calcul des contours de coordination pour les stations terriennes des satellites géostationnaires selon le RR de l'UIT et détermination des stations radio de Terre situées à l'intérieur de ces contours et partageant la même bande de fréquences.
- Listage, mise à jour et interrogation des Tableaux d'attribution des fréquences national et international (c'est-à-dire au niveau régional et mondial).
- Opérations relatives à la base de données telles que visualisation, mise à jour, interrogation et notification des enregistrements d'assignations de fréquence.

Le SES comporte des outils d'analyse utiles aidant les opérateurs dans le processus d'assignation de fréquence. Il présente les caractéristiques suivantes:

- Lorsque l'analyse de propagation d'un émetteur est effectuée, un nombre quelconque de contours de champ définis par l'utilisateur peuvent être tracés sur la carte.
- La liste de toutes les unités administratives (provinces, districts et villages), avec leur population et la population totale résidant dans un contour de champ donné, peut être établie à l'aide de la base de données de recensement.
- Le profil du signal indiquant son niveau (champ ou puissance reçue) par rapport à la distance à laquelle se trouve l'émetteur peut être tracé ainsi que le profil du terrain.
- Le système peut analyser les brouillages potentiels entre les stations existantes et les stations projetées, à supposer que chaque station concernée par une telle analyse puisse être traitée à la fois comme source d'un brouillage et victime d'un brouillage.
- Par suite de l'analyse des brouillages fondée sur les ratios de protection dans le même canal et les canaux adjacents, il est possible de calculer la zone de couverture exempte de brouillages et de l'afficher sur la carte comme indiqué à la Figure 7.10.
- Les fréquences exemptes de brouillages envisagées pour une station peuvent être automatiquement identifiées si elles sont disponibles.
- La couverture de la station de base et la portée de la réponse des stations mobiles sont calculées pour les services mobiles terrestres dans la bande des ondes métriques/ décimétriques, et la zone dans laquelle une communication bidirectionnelle est possible peut être affichée sur la carte.

FIGURE 7.10

**Zones de couverture exemptes de brouillages de trois stations de base
dans le service mobile terrestre**



Nat.Spec .Man-7.10

Système d'information de gestion (MIS, management information system)

Le système MIS est un ensemble intégré de sous-systèmes adaptés à l'automatisation de toutes les tâches administratives de l'Autorité en charge des télécommunications. Il satisfait aux prescriptions de l'Autorité en matière de gestion de données administratives, qui vont de la saisie de données jusqu'aux interrogations et à l'établissement de rapports. Assurant, à un niveau avancé, la prise en charge des fonctions administratives énumérées ci-après, ce système offre une solution clé en mains complète, cohérente et facile à utiliser pour les opérations de gestion du spectre:

- Traitement des demandes.
- Traitement des licences.
- Traitement des taxes.
- Traitement des rapports.
- Traitement des plaintes pour brouillages.
- Traitement de la sécurité.
- Assignation de fréquence.

Une politique incontournable en matière de conception doit consister à établir un système qui satisfait aux prescriptions futures ainsi qu'aux prescriptions existantes de l'Autorité. Compte tenu de ce principe, les fonctions susmentionnées ont été classées selon la nature de la demande pour satisfaire aux prescriptions qui lui sont propres et obtenir par voie de conséquence des sous-systèmes modulaires dont la maintenance est facile.

Les demandes relatives aux licences de radiocommunication varient selon le type de station. A cette fin, deux sous-systèmes, *Gestion des licences de stations radio* et *Gestion des licences de stations de radioamateur* ont été conçus et réalisés. En outre pour enregistrer les certificats du service radio de bande banalisée et en assurer le suivi, un sous-système *Gestion des certificats du service radio de bande banalisée* a été mis au point.

Certains organismes délivrent également des certificats d'agrément à des particuliers pour l'exploitation de stations radio fixes et mobiles ainsi que de stations de radioamateur en leur faisant passer des examens. Les systèmes *Gestion des certificats d'opérateurs radio* et *Gestion des certificats de radioamateurs* ont été conçus pour la réalisation des tâches nécessaires à ces fins. Le sous-système *Gestion des certificats de radioamateurs étrangers* a été élaboré pour traiter les licences destinées aux radioamateurs étrangers délivrées temporairement pour une durée limitée et devant être utilisées dans le pays.

Chacun des sous-systèmes susmentionnés a ses propres fonctions de traitement des demandes, des licences, des taxes et de la sécurité.

Un sous-système distinct, *Gestion des plaintes pour brouillages*, a été mis au point, mais il est intégré aux autres systèmes pour traiter les plaintes pour brouillages et les problèmes de sources de brouillages, et pour les résoudre.

Le sous-système *Gestion des normes applicables aux équipements et des licences d'agrément des équipements* traite une autre activité importante de la gestion du spectre. Il a été conçu pour enregistrer et suivre les demandes d'essais d'équipements et les résultats de ces essais, pour enregistrer et manipuler les équipements approuvés par l'Autorité sous une forme compatible avec les normes et Recommandations de l'UIT. Par ailleurs, ce sous-système permet les fonctions suivantes: enregistrer, suivre et établir les licences autorisant l'importation, la vente et la production d'équipements de radiocommunication; délivrer des autorisations pour l'importation et la production d'équipements de radiocommunication et en assurer le suivi; enregistrer les vendeurs et les ventes d'équipements; enregistrer et établir les certificats de conformité des équipements.

Pour la gestion de haut niveau des taxes, des impayés et des amendes, un sous-système *Gestion des taxes* doté de fonctions plus avancées a été mis au point. Il vise en fait à traiter les taxes de concession des stations radio et autres redevances connexes, et peut produire des bilans financiers pour le MIS.

Comme pour le traitement des assignations de fréquence, le sous-système de gestion des licences de stations radio interagit avec le SES en vue de mener à bonne fin les étapes requises de l'octroi de licences, qui commence par la demande de licence, suivie de l'inspection du site et de l'assignation de fréquence, et se termine par la délivrance de la licence.

De manière périodique ou à des dates fixées à l'avance, les stations radio sont visitées par le personnel responsable de l'Autorité, qui contrôle les paramètres du système et des équipements en fonction des limites et des fonctions autorisées. Les visites, les résultats des contrôles et même les redevances aux fins des contrôles, le cas échéant, peuvent être consignés et faire l'objet d'un suivi au moyen du sous-système *Gestion du contrôle du système*, qui permet à l'utilisateur d'accéder à tous les détails de la licence, des fréquences assignées, des attributs des stations et des taxes exigibles.

Dans la plupart des cas, les Autorités considèrent qu'il est utile de faire surveiller, par un service responsable au sein de leur organisation, la situation, au plan juridique, des taxes de concession, arriérés et amendes non acquittés. Le sous-système *Gestion du suivi judiciaire* est spécialement adapté à cette fin et fonctionne de manière intégrée avec les autres sous-systèmes du MIS.

Le sous-système *Prise en charge de la gestion du MIS* est un autre sous-système unique en son genre qui permet au gestionnaire de ce système de créer des profils utilisateur au sein de la structure organisationnelle définie, d'attribuer des noms d'utilisateur et des mots de passe, de définir les droits d'accès et de manipulation d'un utilisateur, qui peuvent aller de la limitation de l'utilisation d'un sous-système particulier jusqu'à la limitation de fonctions telles que la visualisation d'enregistrements, la suppression d'enregistrements et l'impression de rapports. Le gestionnaire peut ainsi surveiller la sécurité du système et, à l'aide des interfaces de contrôle, il peut suivre les actions critiques des utilisateurs, par exemple l'effacement d'enregistrements et les tentatives d'accès non autorisées.

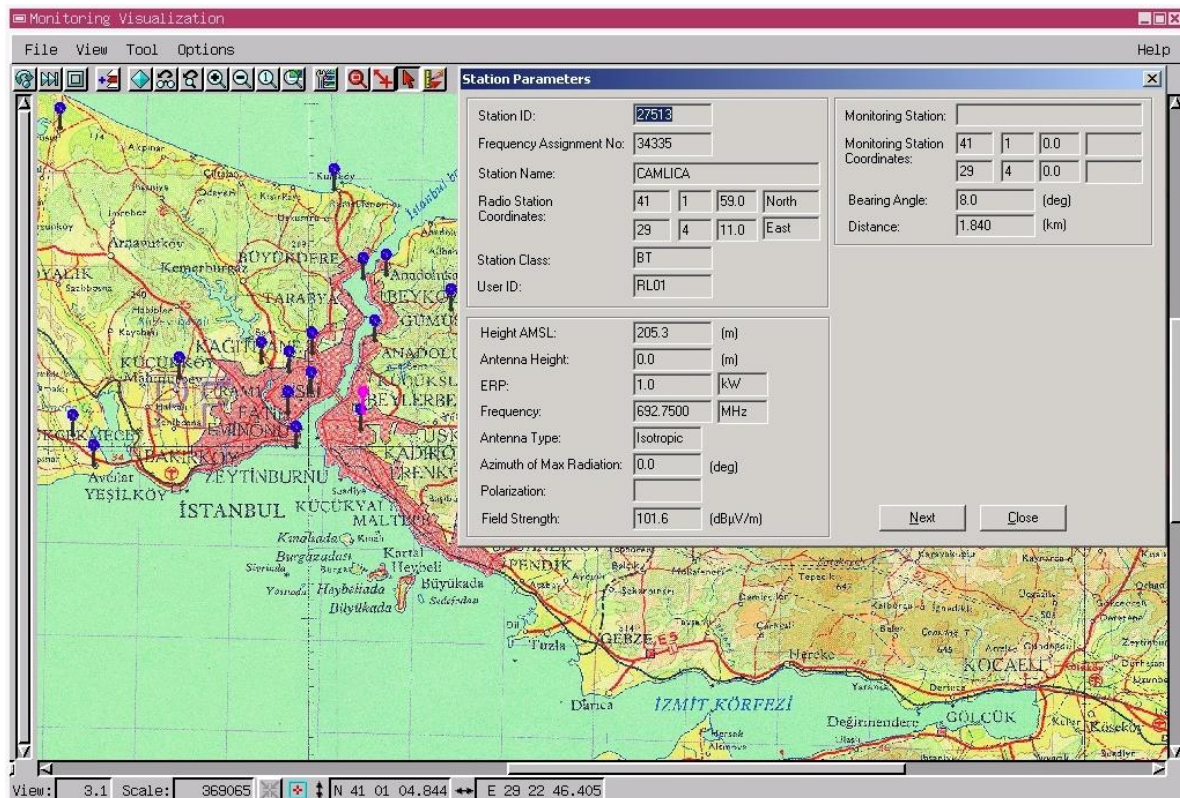
En résumé, le NFMS/MIS comprend les sous-systèmes suivants:

- Gestion des licences de stations radio
- Gestion des licences de stations de radioamateur
- Gestion des certificats de radioamateurs
- Gestion des certificats d'opérateurs radio
- Gestion des certificats de radioamateurs étrangers
- Gestion des certificats du service radio de bande banalisée
- Gestion des taxes
- Gestion des plaintes pour brouillages
- Gestion du suivi judiciaire
- Gestion des normes applicables aux équipements et des licences d'agrément des équipements
- Gestion du contrôle du système
- Prise en charge de la gestion du système d'information de gestion.

Le MIS a également été intégré au *système d'ingénierie du spectre et d'aide au contrôle*. A l'aide des fonctions d'interrogation de base de données et d'un logiciel de cartographie du GIS, les utilisateurs peuvent rechercher des enregistrements dans la base de données selon la fréquence, la catégorie ou l'emplacement de la station, et afficher les résultats sur la carte. Par exemple, si un utilisateur veut visualiser les stations radio fonctionnant dans une gamme de fréquences donnée dans une zone géographique de la Turquie, le logiciel accède à la base de données relative à l'octroi de licences, trouve les stations qui satisfont aux critères indiqués et affiche leur emplacement sur la carte à l'aide de symboles définis par l'utilisateur. En pointant et en cliquant sur le symbole d'une station radio sur la carte, on peut accéder au fichier de cette station et afficher son contenu dans une fenêtre de texte sur l'écran comme indiqué à la Figure 7.11.

FIGURE 7.11

Affichage des résultats de l'interrogation de la base de données sur la carte



Nat.Spec.Man-7.11

Le NFMS en chiffres

Actuellement, il existe des millions de fichiers contenant des renseignements détaillés sur l'ensemble des stations et équipements radioélectriques utilisés en Turquie qui émettent en ondes hertziennes. Les stations radio fonctionnant dans une large gamme de services (par exemple services de radiodiffusion, services mobiles terrestres, services aéronautiques, etc.), les liaisons hertziennes, les antennes des stations de base, les systèmes de sécurité des aéroports sont tous agréés et inclus dans la base de données. Apparemment, l'objectif principal est de créer une base de données qui n'exige qu'une saisie unique de données. Des formulaires types devraient être créés pour la délivrance des licences par l'Autorité. Une fois les renseignements corrects saisis, la base de données devrait automatiquement se mettre à jour et envoyer les données vers les multiples fichiers auxquels elles appartiennent.

Initialement, l'Autorité conservait les données sous différentes formes, allant de documents sur support papier et de feuilles MS Excel jusqu'à une petite base de données, mais une grande partie des données électroniques étaient périmées et devaient être corrigées. Pendant la phase de développement de la base de données du projet de gestion nationale des fréquences, les données électroniques existantes ont été automatiquement transférées dans la nouvelle base de données à l'aide de programmes de transfert élaborés par l'ISYAM. Au cours de ce processus, des vérifications syntaxiques et sémantiques, ainsi que des techniques de discrimination, ont été appliquées aux données existantes pour obtenir une base de données cohérente et exacte.

Le NFMS est doté d'une base de données relationnelle complète et cohérente d'architecture répartie, qui relie sur le plan fonctionnel sept centres opérationnels, à savoir les *centres de contrôle régionaux* et un *centre de contrôle national*. Les données sont reproduites chaque jour dans les centres en question.

Il existe actuellement 365 tables dans la base de données du NFMS. Il convient de noter que le nombre d'enregistrements pour chaque champ d'opération des tables indique le nombre total d'enregistrements relatifs à ce champ d'opération. Par exemple, bien qu'il y ait un nombre total de 553 624 enregistrements dans toutes

les tables utilisées aux fins de l'«assignation et de la gestion des fréquences», le nombre d'assignations de fréquence aux stations agréées dans l'ensemble de la Turquie est de 119 228. Le nombre d'enregistrements passe à plusieurs millions de plus dans la base de données de gestion des stations de contrôle selon le type et le nombre d'opérations de mesures attribuées aux stations de contrôle.

Perspectives pour l'avenir

Les techniques évoluent si rapidement que certaines capacités sont redéfinies au fur et à mesure de la réalisation des systèmes. Une amélioration envisagée pour le système de gestion du spectre consiste en l'utilisation de données relatives à la hauteur des bâtiments de haute résolution et de techniques de lancer de rayon afin d'obtenir une analyse plus précise de la propagation des signaux en zone urbaine. Les participants au projet sont d'avis que le NFMS sera très utile au cours des prochaines années.

ANNEXE 6

AU CHAPITRE 7

Mise à niveau des systèmes de gestion du spectre existants**1 Généralités****1.1 Introduction**

La présente Annexe a pour thème la mise à niveau des logiciels existants et l'élaboration de nouveaux logiciels pour la gestion du spectre. Plus particulièrement, nous décrivons le processus de développement suivi par Telcordia pour fournir à l'un de ses clients un système évolué de gestion des fréquences (FMS, *frequency management system*)². Il est particulièrement intéressant d'étudier la modernisation et la mise à niveau des systèmes de gestion du spectre existants car cela fait intervenir une combinaison exceptionnelle d'éléments, à savoir: traitement de données techniques, administratives, financières et spatiales; algorithmes numériques; visualisation de données scientifiques; établissement de rapports; et interfaces utilisateur étendues. L'élaboration du système FMS a exigé l'intégration et la mise à niveau de divers systèmes et bases de données disparates anciens en un système de gestion du spectre complet, unifié et intégré.

2 L'enjeu

Le client a demandé un examen du fonctionnement de son département de gestion des fréquences et la mise au point d'un système évolué de gestion des fréquences intégré et à la pointe de la technologie, qui répondrait à ses besoins et serait conforme à la Recommandation UIT-R SM.1370 – Directives de conception pour la réalisation des systèmes évolués de gestion automatisée du spectre.

En principe, un système de gestion du spectre comprend des fonctions des catégories générales suivantes:

- Fonctions administratives telles que tenue de registres, traitement de demandes, établissement de rapports, etc.
- Analyses techniques, à savoir modèles de propagation, analyses des brouillages, des liaisons, de la couverture, etc.
- Fonction de cartographie afin de faciliter la planification du spectre et la résolution du problème des brouillages.
- Fonctions financières telles que traitement des taxes, comptabilité, facturation et recouvrement des taxes.

Chacune de ces catégories générales comprend une multitude de fonctions, elles-mêmes composées de multiples tâches.

Le client assurait la gestion des fréquences à l'aide de diverses bases de données autonomes et de quelques outils techniques. Un certain nombre de fonctions étaient réalisées manuellement. Le système FMS était destiné à intégrer, dans une seule application client-serveur, des fonctions de base de données, des fonctions d'ingénierie, des fonctions financières, un système GIS et des fonctions d'établissement de rapports. Il devait être flexible, modulaire et fondé sur une technique de base de données éprouvée.

Les tâches ci-après ont été exécutées pour aider le client à gérer la transition vers un nouveau système intégré et unifié:

- Analyse des activités du client.
- Définition, conjointement avec le client, des spécifications du système FMS.

² Dans le Chapitre 7, l'expression «système de gestion du spectre» désigne un système général qui automatise les opérations de gestion du spectre. L'expression «système évolué de gestion des fréquences» s'entend du système particulier réalisé et décrit dans la présente Annexe.

- Réalisation du système FMS.
- Déploiement du système FMS sur le terrain.
- Exploitation du système FMS et formation du client avant la livraison du logiciel du système FMS.

3 Situation existante

La situation antérieure à l'installation du système FMS se caractérisait par un environnement hétérogène en matière de logiciels et de données. On en trouvera dans les paragraphes ci-après une description succincte.

3.1 Environnement logiciel hétérogène

Les logiciels existants comprenaient des systèmes provenant du client et d'autres sources. Il s'agissait entre autres des systèmes suivants:

- **MRSELS-II**
Le système Microwave Radio & Satellite Engineering and Licensing System II (MRSELS-II) offrait des fonctions d'analyse du spectre et d'octroi de licences pour les systèmes radioélectriques hertziens fixes de Terre ou à satellite fonctionnant dans la bande 2-40 GHz. Il s'agissait essentiellement d'un grand système de base de données écrit en langage Focus.
- **WARE**
Le système Workstation for Advanced Radio Engineering (WARE) fournissait des outils d'ingénierie radioélectrique, d'analyse du spectre et de résolution du spectre pour la bande 150 MHz-2 GHz. Les dernières capacités techniques du système WARE visaient l'utilisation de tout système radioélectrique générique point à multipoint, y compris les systèmes PCS, BETRS, mobiles et cellulaires, etc. Le système WARE était écrit en langage C.
- **Station de travail ARC**
Le système Advanced Radio Coordination (ARC) offrait des outils d'ingénierie radioélectrique en ondes hertziennes et des outils de résolution du spectre pour la bande 2-40 GHz. Il était écrit en langage C.
- **RANEBO**
Système de gestion du spectre pour la coordination de fréquences entre les services de radiodiffusion et les services filaires conçu par Telcordia. Le système comprenait plusieurs modèles de propagation et de brouillages écrits en FORTRAN.
- Divers programmes en FORTRAN du Gouvernement des Etats-Unis d'Amérique, y compris les systèmes MSAM et REC533 pour la propagation en ondes décimétriques.
- Un ensemble de programmes de l'UIT-R en FORTRAN et en C.
- Programmes en FORTRAN fournis par le client, y compris pour la coordination des satellites.

3.2 Environnement hétérogène en matière de données

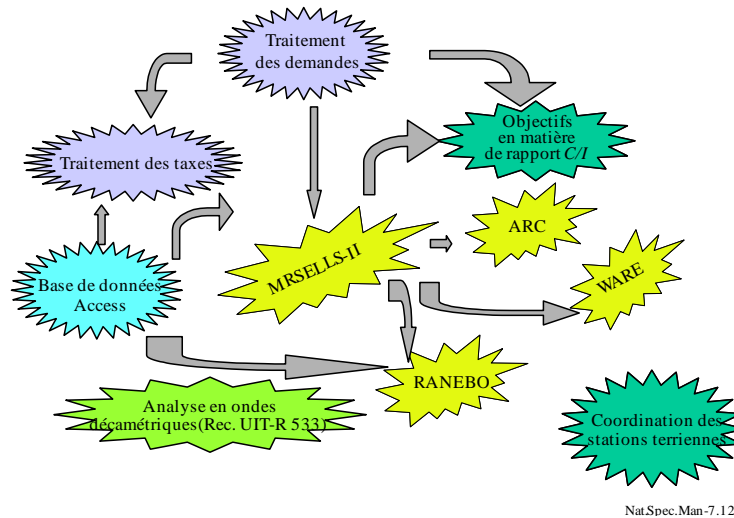
Les données utilisées pour la gestion du spectre provenaient de plusieurs sources.

- *Bases de données client*: la principale source de données était l'ensemble des bases de données normalisées du client. Différentes bases de données étaient utilisées pour différents services.
- *UIT-R*: les données relatives à l'attribution du spectre, aux définitions des services, etc., provenaient du RR de l'UIT-R, de la Liste internationale des fréquences (LIF) de l'UIT-R et d'autres sources relevant de l'UIT-R.
- *Données du système GIS*: ces données, y compris celles concernant plusieurs couches telles que les routes, les frontières politiques et les agglomérations, étaient obtenues dans le format ESRI®.

Tous les systèmes et données étaient indépendants les uns des autres, de sorte que si l'ensemble des systèmes devait être utilisé, il fallait envisager des transferts manuels d'un volume considérable. De même, les systèmes étant fondés sur différentes plates-formes, des connaissances spécialisées diverses étaient nécessaires pour la maintenance.

FIGURE 7.12

Exemple d'environnement hétérogène pour la gestion du spectre



Nat.Spec.Man-7.12

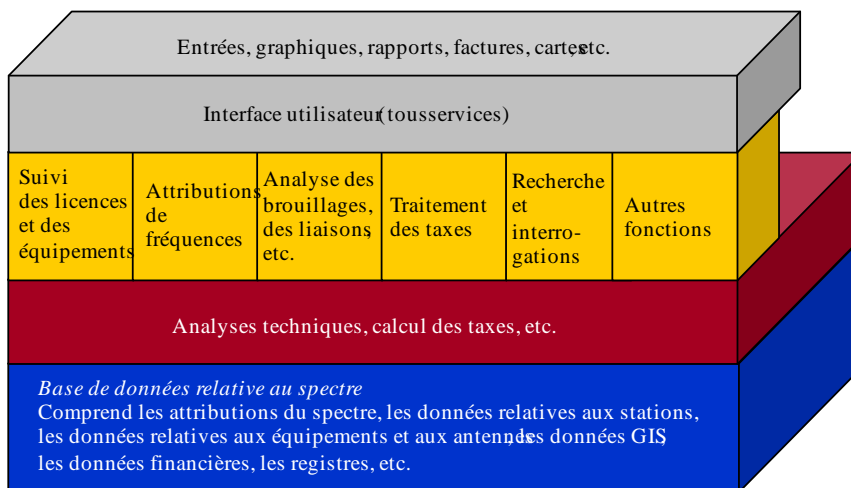
4 Vers un système intégré unifié moderne

Le client recherchait un système de pointe pour intégrer autant d'éléments que possible et unifier les différentes bases de données.

La Figure 7.13 représente un exemple parfait de système de gestion du spectre unifié et intégré. Le système est unifié car les données destinées à l'ensemble des services et des fonctions se trouvent dans une seule base de données. Il est intégré car les données circulent directement de la base de données vers diverses procédures et entre différents processus. Le système présente une interface utilisateur homogène pour tous les services.

FIGURE 7.13

Exemple de système avancé de gestion du spectre unifié et intégré



Nat.Spec.Man-7.13

Un système unifié et intégré présente les avantages ci-après:

- *Tenue à jour réduite*: la tenue à jour est moins onéreuse pour une seule base de données que pour plusieurs.
- *Accroissement de l'efficacité*: un système intégré offre un moyen efficace de réaliser toutes les opérations de gestion du spectre. Au lieu de saisir de nouveau des données sur de nombreux écrans afin de réaliser diverses tâches, on les saisit une seule fois et elles remplissent automatiquement tous les champs requis pour chaque tâche.
- *Moins d'erreurs de la part des utilisateurs*: le système intégré automatisé peut assurer une vérification et une analyse automatisées des données présentées.
- *Interface et codage uniformes*: les techniques modernes de génie logiciel orientées objet facilitent la réalisation d'une interface utilisateur uniforme et cohérente. Les tâches communes sont traitées de manière identique pour toutes les fonctions.
- *Mise à niveau*: un avantage additionnel de l'intégration est le fait qu'elle permet de mettre à niveau et d'améliorer les fonctions existantes.

Les principaux inconvénients d'une intégration minutieuse sont le coût initial et la complexité de l'intégration du logiciel et de la migration des données. Ainsi, les avantages de l'intégration et du remplacement doivent être mis en balance avec la difficulté et le coût de l'opération. En outre, une large réutilisation des logiciels est souhaitable, notamment en ce qui concerne les fonctions de calcul qui ont démontré leur fiabilité par une longue utilisation.

L'inconvénient d'un système unifié est que des données disparates doivent être combinées dans une seule base de données. De ce fait, il est nécessaire de procéder à une modélisation complète des données pour déterminer un modèle de base de données qui accepte les structures de données existantes.

Les décisions d'entreprendre l'intégration et l'unification du système sont interdépendantes mais distinctes. L'intégration est surtout une question de programmation, alors que l'unification implique également une modélisation des données et des pratiques commerciales. Dans les systèmes de gestion du spectre, il y a généralement suffisamment de points communs entre les éléments de données pour différents services et fonctions ainsi qu'une similitude entre les procédures de gestion du spectre pour divers services. Partant, l'unification est possible et peut conduire à une amélioration notable du fonctionnement du département concerné.

4.1 Choix de la plate-forme

Un choix essentiel dans la réalisation d'un système de gestion du spectre intégré fiable est celui de l'architecture et de la plate-forme. L'entreprise concernée a choisi les éléments de plate-forme suivants:

- Oracle8i™ a été choisi comme système de gestion de base de données relationnelle (SGBDR). Le SGBDR Oracle® a été retenu pour plusieurs raisons techniques, notamment l'indépendance de la plate-forme et la capacité d'intégration à d'autres applications Oracle si le client décide de développer son système de gestion des fréquences à l'avenir.
- MapInfo Professional® a été choisi pour la manipulation des données du système GIS et les éléments MapInfo MapX® pour la présentation des données dans l'application. Oracle® Spatial a été retenu comme moteur du système GIS. Ce choix offre un avantage, à savoir qu'Oracle Spatial, Oracle et MapInfo assurent une bonne intégration entre leurs produits.
- Les fonctions techniques et financières ont été mises en oeuvre en langages PL/SQL™, C++ et FORTRAN. Cette décision a été dictée par le choix du SGBDR, la composition du logiciel existant et le désir de créer un modèle orienté objets.
- Le système d'exploitation du serveur était le système Microsoft® Windows NT® 4. Le client a demandé un système Windows NT car c'était lui qui gèrerait le système à la fin du projet et la charge prévue pour le système de gestion des fréquences était modérée. Bien que ce système repose sur le système Windows NT, l'indépendance de la plate-forme était un objectif important dans sa réalisation. Le portage du système sur Unix devrait être aisé.

4.2 Analyse des activités du client

La première étape de l'élaboration d'un système intégré a été l'analyse des activités du client. Les méthodes et procédures du client ont été examinées en ce qui concerne la qualité des fonctions de gestion du spectre. Une phase essentielle a été l'examen du flux de données et des étapes des diverses tâches effectuées par le département pour ce qui est de la mise en oeuvre du système automatisé.

La deuxième étape a été la définition des spécifications du système à partir des systèmes existants, l'analyse des méthodes et procédures, des prescriptions techniques et réglementaires existantes et des besoins prévus pour le département. La définition des spécifications comprenait des éléments tels que la création et la révision d'un dictionnaire de données et l'établissement d'un modèle de données. Elle dépendait en partie de la configuration des anciens systèmes.

Avant de réaliser l'application, l'entreprise et le client ont examiné les systèmes logiciels existants afin de décider quelles parties conserver, quelles parties réutiliser et quelles parties créer.

4.3 Enseignement tiré de la réalisation de l'application

Lors de la mise au point de l'application, certaines des décisions et justifications concernant la réutilisation des fonctions et des logiciels étaient les suivantes:

- La plupart des interfaces utilisateur ont été créées, la raison étant que leur technique avait considérablement progressé en peu de temps, de sorte que les anciennes interfaces paraissaient primitives et étaient difficiles à maintenir.
- Dans certains domaines comme celui des éléments du système GIS, les éléments disponibles permettent de développer des interfaces qui auraient pu être difficiles à mettre au point il y a quelques années. L'entreprise a travaillé avec le groupe GIS d'Oracle pour élaborer l'affichage géographique intégré dans l'application.
- Le code C existant a été réutilisé si c'était approprié du point de vue technique. Toutefois, la majeure partie du code C a été mise à niveau au code C++ pour obtenir un modèle orienté objets. Dans certains cas, le code C existant a dû être mis à niveau afin d'inclure les améliorations les plus récentes en ce qui concerne les algorithmes de gestion du spectre (telles que les modifications des modèles de propagation, les procédures révisées destinées à la coordination des stations terriennes, etc.).
- Il est difficile de réutiliser le code FORTRAN s'il contient une grande quantité de code d'interface utilisateur. Dans ce cas, il a été plus efficace de tout reprendre à zéro et de réécrire le code, ou d'utiliser l'application telle quelle sans l'intégrer. S'il n'y a pas de code d'interface utilisateur ou si l'auteur initial peut extraire la partie numérique du code, trois options sont possibles:

Option 1: compiler le programme FORTRAN en tant que bibliothèque.

Option 2: convertir en C à l'aide d'un outil automatisé tel que f2c.

Option 3: convertir manuellement en C++.

L'entreprise a eu recours aux trois stratégies pour intégrer le code FORTRAN selon l'application. Cela étant, plusieurs programmes FORTRAN n'ont pas été intégrés car ils n'étaient pas assez fréquemment utilisés pour justifier l'investissement correspondant.

- La conversion du code existant en C++ (ou en un autre langage moderne tel que Java) ou la réécriture de l'application permet d'améliorer l'application initiale. Le client utilisait par exemple plusieurs programmes FORTRAN pour produire les densités spectrales de puissance et calculer les objectifs en matière de rapport des puissances porteuses des signaux utile et brouilleur (C/I). En raison de la limitation concernant l'affectation des matrices en FORTRAN, ces programmes avaient recours à des matrices de taille fixe avec des incréments de fréquence fixes. Telcordia a réécrit ces programmes à l'aide de tables SQL pour mémoriser les densités spectrales de puissance et les rapports C/I et a écrit des programmes en C++ pour calculer et manipuler ces quantités au moyen de matrices de longueur variable et d'incrément de fréquence arbitraires. Cela a amélioré les spécifications en matière de précision, de performances et de stockage de l'application.

- Il est impossible de réutiliser l'ancien code de base de données qui avait été élaboré pour une technique de base de données différente. Une configuration de base de données normalisée a été mise au point selon les exigences du client; elle comprend des éléments des bases de données du client, la base de données et les champs définis par l'UIT-R.
- Il est souvent simple de réutiliser les rapports existants car ces derniers restent généralement constants pendant le processus de mise à niveau. Le format et le contenu des rapports, par exemple les formulaires de demande, les factures et les formulaires de notification, peuvent être dictés par des prescriptions juridiques ou des règlements du département. Si le système de données sous-jacent a été préservé lors de la mise à niveau, les rapports peuvent être utilisés sans modification. Si ce système a été altéré, seuls les liens entre les données doivent être modifiés. Même les formulaires précédemment remplis manuellement ont été automatisés par des liaisons avec les champs de données appropriés. Cette technique a permis d'automatiser la production de certains formulaires créés précédemment à la main.

4.4 Conversion des données

La conversion des données existantes et leur combinaison en une seule base de données représentent un autre problème, qui a été traité de la manière suivante.

- Les données GIS ont été converties de fichiers Shapefiles ESRI en format MapInfo puis téléchargées dans le système Oracle Spatial.
- Les diverses données de l'UIT-R ont été converties à l'aide de scripts Perl et SQL.
- Les données Access ont été migrées vers Oracle en intégrant l'application avec Microsoft® Excel et Access grâce à l'automatisation COM. En outre, des scripts PL/SQL ont été élaborés pour la transformation des données dans Oracle.
- Un problème particulier de ce processus est la normalisation des données. La configuration finale de la base de données a été davantage normalisée que les données initiales du client. De même, un plus grand nombre de contraintes ont été imposées pour les données. Le degré de normalisation plus élevé et les nombreuses contraintes imposées aux données étaient voulus par le client afin de protéger l'intégrité des données.

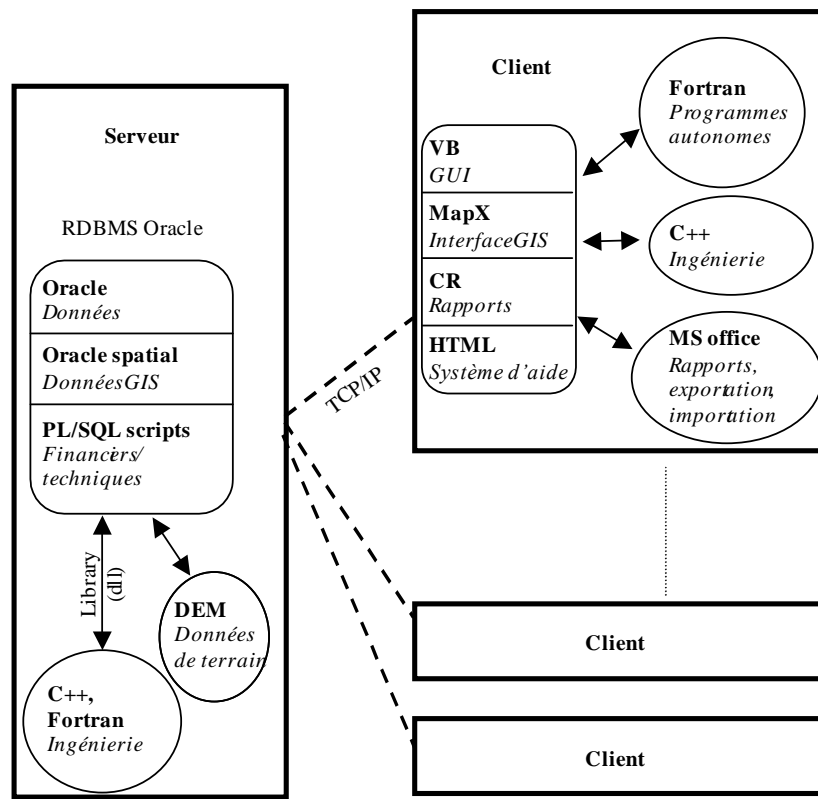
La mise en application des contraintes référentielles au niveau des données, comme pour la clé étrangère et la clé principale, exigeaient l'élaboration de procédures automatisées pour localiser les renseignements se chevauchant ou dupliqués et pour renommer, combiner ou supprimer des enregistrements en vue de protéger l'intégrité de la base de données finale. Les autres contraintes ont été mises en application en convertissant les champs de données afin d'assurer l'uniformité.

5 Système évolué de gestion des fréquences

Les efforts susmentionnés se sont soldés par la création d'un système FMS évolué, dont l'architecture est fondée sur Oracle8i, Oracle Spatial pour le système GIS, PL/SQL et C++ pour les outils techniques et MapX pour l'interface client GIS. Le système utilise le langage HTML pour les fonctions d'aide.

FIGURE 7.14

Architecture du système de gestion des fréquences



Nat.Spec.Man-7.14

La Figure 7.14 montre l'architecture du système de gestion des fréquences. Ce système a recours à une architecture modulaire qui facilite la personnalisation et la mise à niveau. Par exemple, toutes les procédures sont mises en oeuvre en tant que bibliothèques avec une interface de programmation d'application (API, *application programming interface*). Ainsi, Telcordia peut mettre à niveau tout outil technique simplement en remplaçant une bibliothèque. Ce mécanisme est important dans le domaine de la gestion du spectre où certains outils, par exemple pour la coordination des stations terriennes, changent fréquemment. De même, il est possible de modifier l'interface utilisateur ou les rapports indépendamment des autres éléments. Un autre exemple de la flexibilité du système est la capacité de modifier la base de données relative au terrain en permutant des fichiers.

Le système FMS est un logiciel qui automatise diverses tâches de gestion du spectre, notamment les processus suivants:

- assignation de nouvelles fréquences;
- résolution des problèmes de brouillages;
- calcul et recouvrement des taxes d'utilisation des fréquences;
- réalisation d'analyses techniques;
- conformité avec les règlements internationaux et nationaux;
- évaluation de la qualité de liaison de communication;
- coordination des stations terriennes;
- coordination à la frontière et notification;
- établissement de rapports, de formulaires de demande, de feuilles de calcul de taxes, de licences et de factures;

- interrogations et recherches;
- traitement de la sécurité.

Le logiciel FMS réalise trois fonctions de base.

- La fonction administrative comprend des caractéristiques telles que l'enregistrement et la recherche de fréquences assignées, de données sur l'utilisateur d'une fréquence, de données sur les équipements et de données sur les antennes, l'établissement automatique de divers formulaires réglementaires, de rapports et de factures, et le calcul des taxes d'utilisation du spectre. Le système FMS offre une capacité de recherche étendue en fonction des nombreux paramètres techniques ou administratifs. Il assure automatiquement la conformité avec le Tableau d'attribution des fréquences et les plans de répartition des canaux. Il offre aussi une fonction de recherche personnalisée. Enfin, il est intégré dans les logiciels Microsoft Access et Microsoft Excel pour l'analyse et l'établissement de rapports.
- La fonction d'analyse technique peut calculer les brouillages entre les systèmes émetteurs, évaluer la zone de couverture des stations de base et déterminer les fréquences les plus adéquates pour les nouvelles assignations. Une interface graphique conviviale qui comprend des fonctions telles que le traçage de graphiques permet d'accéder à toutes les fonctions. Les fonctions techniques sont les suivantes: divers modèles de propagation, modèles de discrimination d'antenne, analyse du rapport *C/I*, des évanouissements et des liaisons, évaluation de l'exposition des personnes aux fréquences radioélectriques, détermination de l'angle des satellites, analyse de la CEM (y compris pour les services hertziens, mobiles terrestres, de radiodiffusion, etc.) et de nombreux autres outils.
- La fonction d'affichage des cartes géographiques permet les affichages interactifs détaillés nécessaires pour comprendre les divers problèmes de gestion du spectre. Le FMS utilise une base de données numérique intégrée sur le terrain pour la réalisation de fonctions techniques complexes.

6 Passage au système FMS

La dernière étape a consisté à transférer l'administration du nouveau système au client. Même si celui-ci avait l'intention de gérer le nouveau système, il y a eu une période de transition au cours de laquelle l'entreprise a administré le système FMS sur le site. Après une certaine période, l'administration du système a été partagée avec le personnel du client pour lui permettre d'acquérir des compétences en la matière.

Le personnel du département a été formé à l'utilisation et à l'exploitation du système FMS, qui est doté d'une aide étendue de type HTML. L'un des principaux enseignements tirés du projet est le fait qu'il est important de travailler en étroite collaboration avec le client pendant la conception et la mise en oeuvre du système. La période d'apprentissage a été réduite car le personnel du client avait pris une part notable à la conception de l'interface utilisateur.

7 L'avenir

L'évolution et la mise à niveau du logiciel de gestion du spectre sont permanentes. Un nouvel objectif est le libre-service sur le web pour certaines fonctions de gestion du spectre. Ainsi, le portage du logiciel de calcul de compatibilité du spectre sur le web s'est effectué grâce à un calcul du côté serveur dans le langage de programmation Java™. Une autre possibilité des plus intéressantes est le recours à l'échange électronique de données pour la gestion du spectre. Le système FMS peut traiter des demandes de licences présentées sous forme de tableaux Excel. Les utilisateurs peuvent présenter des lots de demandes par messagerie électronique. L'échange électronique de données sur les antennes est déjà bien défini dans les normes de la National Spectrum Managers Association (NSMA).

On observe en parallèle un autre phénomène, à savoir l'importance accrue du langage Java pour les futures applications de gestion du spectre. La programmation en Java peut devenir un outil de choix pour les applications des bases de données Oracle. La plate-forme Java permet d'utiliser un seul langage pour le traitement côté serveur et côté client. De même, l'application et les applets Java permettent de déployer n'importe quelle partie du logiciel sur le web. Le portage du code C++ existant sur Java est assez facile, comme

Telcordia l'a fait pour son logiciel de calcul de compatibilité du spectre. Les inconvénients de la plate-forme Java sont des performances réduites et la difficulté de mettre en oeuvre certaines procédures numériques. Cependant, comme la mise en oeuvre des systèmes FMS commence à ressembler à celle des systèmes de commerce électronique, les techniques mises au point pour le commerce électronique telles que la plate-forme Java et le système XML deviendront prépondérants.

8 Résumé

La présente Annexe décrit l'élaboration d'un système FMS évolué. Ce processus a été difficile pour nombre de raisons:

- Une collaboration étroite entre le client et l'entreprise était nécessaire pour définir les spécifications du système, y compris l'interface utilisateur, les outils techniques, la structure de la base de données et les rapports.
- La définition de nombreuses fonctions du système FMS était fondée sur les logiciels existants ou la structure de données existante.
- Les compétences et l'expérience du client étaient essentielles pour la définition des interfaces logicielles, des algorithmes techniques et financiers, des éléments de données, et du format des rapports.
- Le système FMS comportait de nombreux codes anciens de diverses sources et en plusieurs langages informatiques, tels quels ou révisés.
- Une manipulation des données a été nécessaire en vue de leur migration dans la base de données unifiée.

Malgré les problèmes en question, il a été possible de réaliser un système de gestion du spectre à la pointe de la technologie, unifié et intégré. Après avoir été mis en service sur le site du client, le système lui a été remis et le client l'utilise de manière efficace. Le système FMS lui a permis d'améliorer son efficacité et de réaliser rapidement et avec précision des tâches précédemment fastidieuses.

ANNEXE 7

AU CHAPITRE 7

Système de gestion et de contrôle du spectre au Pérou**1 Introduction**

La présente Annexe décrit la mise en oeuvre du système de gestion et de contrôle du spectre pour le Ministère des transports et des communications (MTC) du Pérou (www.mtc.gob.pe). Ce projet a été géré par l'UIT (www.itu.int) pour le compte du MTC. Le maître d'oeuvre du projet était THALES Communications Corporation (TCC, France, www.thalesgroup.com), le système de contrôle du spectre étant fourni par TCC et le système de gestion du spectre (ELLIPSE Spectrum) par Cril Telecom Software (CTS), éditeur de logiciels français spécialisé dans les systèmes de gestion automatisée du spectre et les solutions logicielles pour opérateurs de télécommunications (www.criltelecom.com).

1.1 Description du système

Le projet concernait la mise en oeuvre d'un système clé en mains complet devant être livré au Pérou pour un centre national à Lima et six centres régionaux dans une première phase allant jusqu'en 2002, le système pouvant être étendu à d'autres régions. On trouvera à la Figure 7.15 l'architecture générale du réseau existant.

Le centre national comprend:

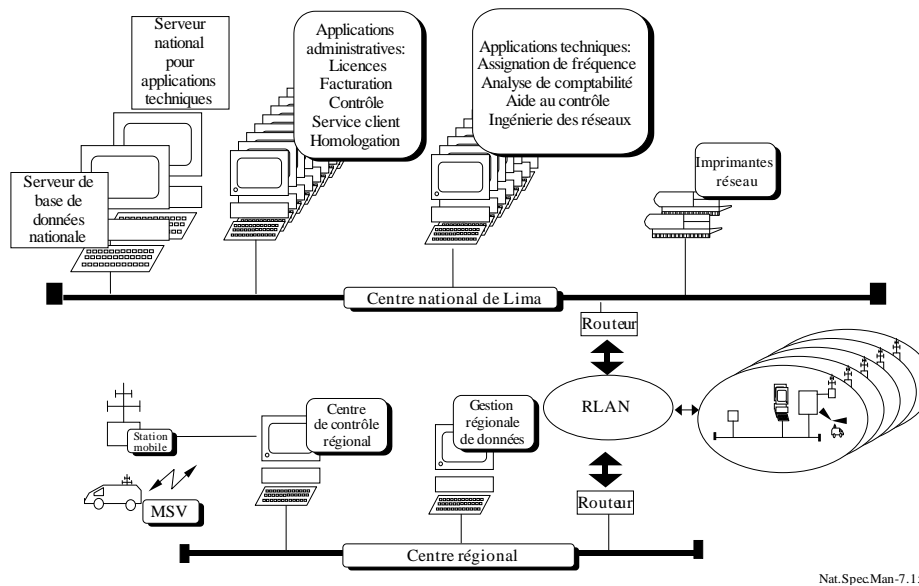
- le logiciel de gestion et de contrôle du spectre;
- la base de données nationale;
- les outils d'analyse technique;
- les outils administratifs;
- l'interface avec le système de contrôle;
- le système de contrôle national.

Le centre régional comprend:

- le logiciel de gestion et de contrôle du spectre: outils administratifs, interface avec le logiciel de contrôle du spectre;
- les équipements.

FIGURE 7.15

Architecture du système de gestion et de contrôle du spectre au Pérou



1.2 Avantages escomptés par le Ministère des transports et des communications (MTC)

Avec ce système totalement intégré, le MTC entend gérer et contrôler de manière très efficace son spectre radioélectrique conformément aux Recommandations de l'UIT-R, en particulier la Recommandation UIT-R SM.1537.

Il est reconnu depuis longtemps que les réseaux de télécommunication font partie de l'infrastructure de base indispensable au développement et à la modernisation du pays. Le spectre radioélectrique constitue une ressource précieuse, rare et limitée. De ce fait, le développement social, culturel, industriel et économique de tout pays est lié à une demande croissante de nouveaux services de télécommunication, ce qui se traduit par un besoin grandissant de spectre. C'est seulement grâce à une utilisation judicieuse et à une gestion minutieuse du spectre que l'on peut répondre à ces demandes légitimes de services. Le spectre radioélectrique est également au cœur de la sécurité et de la défense nationales.

La gestion du spectre est essentielle car le spectre radioélectrique est devenu une ressource nationale vitale, aussi importante que des ressources physiques plus concrètes telles que la main-d'oeuvre, les ressources naturelles, les transports, les réseaux, etc. A mesure que les applications s'appuyant sur les ondes radioélectriques se développent, la gestion du spectre radioélectrique devient de plus en plus complexe et difficile. Le MTC espère que le système de gestion et de contrôle du spectre fourni l'aidera à répondre aux besoins des utilisateurs du spectre et des administrations concernées.

Le système devrait aider le MTC dans les activités essentielles suivantes:

- politique et réglementation;
- coordination des conférences et réunions internationales;
- planification, attribution et assignation des fréquences;
- octroi de licences, facturation et notification automatique des renouvellements;
- coordination et notification des fréquences;
- appui technique (analyses de la compatibilité électromagnétique, calcul du rapport C/I , prévision de la propagation);
- inspection, contrôle et surveillance du spectre;
- statistiques et rapports avancés;

- mesures et localisation des émetteurs conformément au Manuel de l'UIT-R sur le contrôle du spectre radioélectrique.

Ces opérations sont réalisées à Lima, la capitale du pays, et certaines le sont dans les six centres régionaux.

2 Présentation du système de gestion du spectre

2.1 Mise en oeuvre du projet

La mise en oeuvre d'un tel projet a été planifiée en différentes phases. La première visait le centre national situé dans la capitale, Lima. Les deuxième et troisième phases concernaient six centres régionaux, et des phases additionnelles sont projetées.

2.2 Description du système

Le système de gestion automatisée du spectre, ELLIPSE Spectrum, a été conçu pour aider le MTC à s'acquitter de ses tâches de gestion du spectre conformément à la réglementation nationale, au RR et aux Rapports et Recommandations de l'UIT.

La plupart des aspects administratifs et techniques et des opérations de la gestion du spectre principalement fondés sur les directives de la Recommandation UIT-R SM.1370 et les publications connexes de l'UIT sont visés et automatisés.

Les opérations suivantes sont incluses:

- gestion et traitement du flux de travaux;
- automatisation des tâches administratives;
- définition du plan des fréquences;
- attribution de fréquences;
- assignation de fréquence;
- octroi de licences et délivrance de permis;
- homologation et certification des équipements;
- facturation, traitement des taxes et notification automatique des renouvellements;
- coordination et notification au plan international;
- ingénierie du spectre, prévision de la couverture, analyses de la compatibilité électromagnétique et calcul du rapport *C/I*;
- gestion des plaintes, programmation des inspections et contrôle du spectre;
- interface entre les systèmes de gestion et de contrôle du spectre;
- statistiques et rapports avancés.

Les principales caractéristiques techniques du système sont les suivantes:

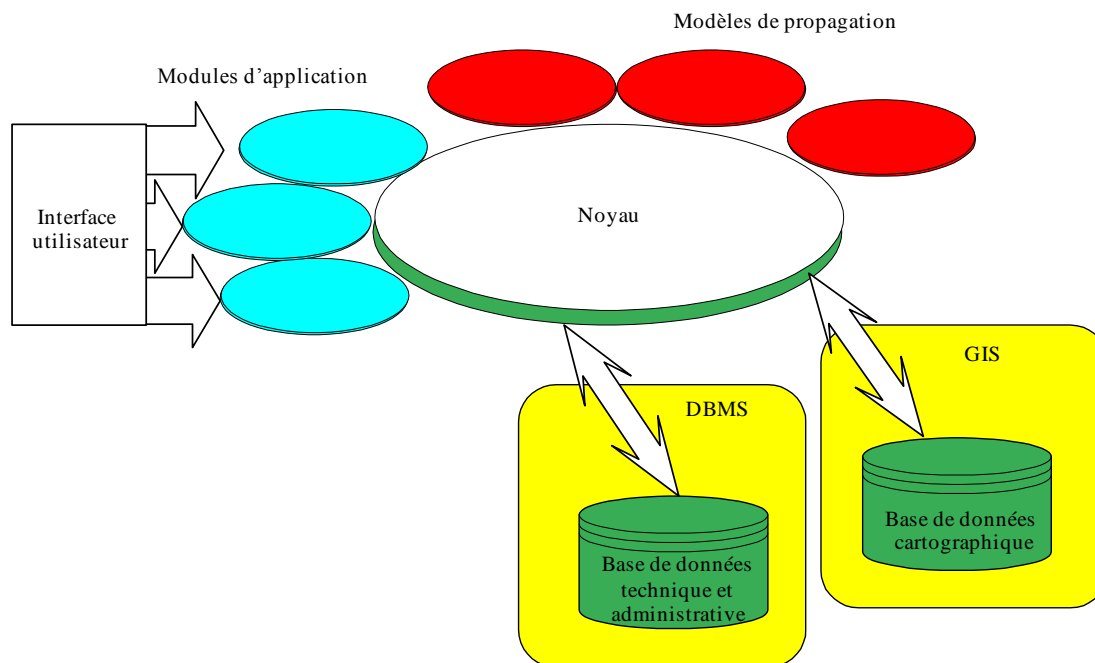
- système intégré de gestion du spectre doté d'un seul progiciel et d'une seule base de données pour les tâches administratives et les tâches techniques;
- compatibilité avec les Recommandations et Rapports de l'UIT;
- accords de coordination internationaux;
- plusieurs modèles de propagation puissants;
- analyses techniques, analyses de la compatibilité électromagnétique (CEM) et du rapport *C/I*;
- puissant système de base de données relationnelle (ORACLE);
- puissant système d'interface graphique utilisateur (GUI);
- puissant système d'information géographique (GIS);
- système flexible, facile à utiliser et fiable;
- système multi-utilisateur et multitâche;

- environnement client-serveur multilangage et multifenêtre;
- système d'architecture ouverte à multiples plates-formes.

Le système se compose de différentes entités fonctionnelles décrites à la Figure 7.16.

FIGURE 7.16

Diagramme fonctionnel du système



Nat.Spec.Man-7.16

L'**interface utilisateur** permet une interface entre l'homme et la machine.

Le **noyau** est le module fonctionnel qui gère toutes les ressources partagées et les ressources externes (matériel, système d'exploitation et intergiciels) du système et les rend accessibles aux applications.

La **base de données technique et administrative** a recours à ORACLE comme SGBDR et elle est utilisée par les applications administratives et techniques.

Le **système GIS** (système d'information géographique) utilise la **base de données cartographique** pour gérer les informations géographiques disponibles.

Les **modèles de propagation** servent à calculer les prévisions de propagation et les champs. Ils peuvent utiliser les paramètres extraits des données cartographiques disponibles et du système GIS.

Les **modules d'application** sont des entités fonctionnelles affectées à une tâche particulière. Ils utilisent les fonctions du noyau.

Le système est un système multi-utilisateur et multitâche et se caractérise par un environnement client-serveur multilangage et multifenêtre.

Les menus sont organisés selon une approche fondée sur les tâches, ce qui simplifie et optimise la compréhension et l'utilisation de l'application.

2.3 Administration des utilisateurs du système et gestion de la sécurité

La gestion de la sécurité était un point important pour le MTC pour nombre de raisons, notamment:

- plusieurs personnes de différents départements du MTC peuvent se servir du système;

- les utilisateurs n'ont pas tous le droit d'effectuer l'ensemble des opérations disponibles;
- les rapports financiers sont conservés dans la base de données;
- etc.

Le système est mis en oeuvre compte tenu des considérations ci-après:

- chaque utilisateur doit être défini à l'intérieur du système par l'administrateur du système;
- un niveau d'identification initial est assuré par le système d'exploitation de la station de travail à partir de laquelle l'utilisateur peut accéder au système;
- un deuxième niveau d'identification est assuré par l'application au moyen des contrôles d'accès du SGBDR (ORACLE);
- le troisième niveau est géré selon les droits conférés pour la manipulation des données.

2.4 Fonctions administratives

Les fonctions administratives fournies par le système selon les besoins du MTC sont énumérées ci-après:

- interface de saisie de données et définition des données;
- gestion des utilisateurs du spectre;
- gestion et traitement du flux de travaux;
- gestion de la coordination internationale;
- homologation et certification des équipements;
- octroi de licences;
- facturation, traitement des taxes et notification automatique des renouvellements.

2.4.1 Interface de saisie de données et définition des données

Cette interface permet à l'utilisateur de saisir les données administratives et les données techniques devant être utilisées par les applications techniques, ainsi que les données de référence: services de l'UIT, plans des fréquences, bandes de fréquences, valeurs des bibliothèques, etc. L'interface est destinée à faciliter les tâches quotidiennes de l'opérateur du système.

2.4.2 Gestion des utilisateurs du spectre

Les utilisateurs du spectre sont des personnes physiques ou morales qui sont titulaires de licences ou de certificats d'utilisation du spectre. Le système gère toutes les données pertinentes y afférentes.

2.4.3 Gestion et traitement du flux de travaux

Le système permet de définir les processus entre différents départements du MTC et entités et ayant trait au traitement des applications, à l'octroi de licences, à la certification et à la délivrance de permis, au traitement des taxes et à la facturation, à la coordination internationale, aux notifications et à l'ingénierie, etc.

2.4.4 Gestion de la coordination internationale

Les fréquences radioélectriques ne sont pas limitées aux frontières géopolitiques. Il est donc primordial de coordonner les assignations de fréquence, au niveau régional et international. Pour remplir cette tâche, le MTC devrait:

- tenir à jour une base de données exacte sur la gestion des fréquences;
- être en mesure de procéder aux analyses techniques requises;
- coordonner les assignations de fréquence avec les pays voisins, directement (accords bilatéraux), à l'échelle régionale (accords régionaux comme dans le cadre de la CITELE) ou au niveau international (dans le cadre de l'UIT et d'autres organisations internationales);
- négocier avec les pays voisins des accords bilatéraux concernant le partage de fréquences.

Le système ELLIPSE Spectrum permet aux opérateurs du MTC d'appliquer les accords de coordination internationale pertinents et de produire, sous forme électronique ou sur support papier, les formulaires de notification à l'UIT pertinents requis par les services correspondants.

2.4.5 Homologation et certification des équipements

Ce module permet de gérer les équipements radioélectriques homologués et leur certification selon les normes nationales et internationales. Les certificats des équipements sont imprimés dans les formats requis.

2.4.6 Octroi de licences

Les procédures d'octroi de licences et de notification devraient être fondées sur les politiques et réglementations nationales. Le MTC devrait être à même de:

- définir des critères nationaux pour l'octroi de licences et les notifications;
- établir des procédures et processus nationaux pour l'octroi de licences et les notifications:
 - établir des procédures et processus d'octroi de licences propres à chaque type de service (amateur, maritime, aéronautique, mobile terrestre, de radiodiffusion, etc.), de station (fixe, mobile, portable, etc.) et d'utilisateur (pouvoirs publics, sécurité, secteur privé, etc.). La procédure et le processus comprennent les différentes étapes et actions nécessaires du dépôt d'une demande auprès du MTC jusqu'à l'obtention de la licence appropriée;
 - établir des procédures et processus de notification propres à chaque type de service, de station et d'utilisateur. La procédure et le processus comprennent les différentes étapes et actions nécessaires pour notifier une nouvelle assignation, délivrer une nouvelle licence, renouveler une licence venue à expiration, modifier une assignation existante, annuler une licence, etc.;
- tenir à jour une base de données exacte sur les octrois de licences et un registre des notifications. Ainsi qu'il est dit plus haut, la base de données et le suivi en question devraient être informatisés. Les licences sont attribuées une fois les fréquences assignées;
- établir les rapports et statistiques pertinents et requis;
- élaborer des formulaires de demande de licence et des formats de licences actualisés;
- définir, conformément à la Loi nationale sur les radiocommunications, une liste de catégories de licences, un cadre détaillé pour les processus et procédures d'octroi de licences, un barème de taxation détaillé fondé sur le type de service, de station, d'utilisateur, de couverture, de largeur de bande, etc.

Ce module permet de gérer entièrement le processus d'attribution de licences. Le type de licence accordé par le MTC détermine plusieurs paramètres tels que la durée de validité, le modèle imprimable et les taxes. Les licences sont imprimées dans le format requis.

2.4.7 Facturation, traitement des taxes et notification automatique des renouvellements

Cette fonction permet de mémoriser tous les renseignements concernant la facturation: factures établies, factures payées, taxes exigibles, etc. Lorsqu'une licence a été attribuée ou modifiée, les détails de la facturation sont enregistrés et les taxes sont calculées à l'aide des paramètres mémorisés dans la base de données. Selon le service, plusieurs types de factures peuvent être établis. Les taxes peuvent dépendre de plusieurs paramètres tels que le nombre de stations, leur puissance, le nombre de mobiles, etc. Les factures peuvent ensuite être imprimées et envoyées aux utilisateurs.

Le système gère les frais d'arriérés au moyen de la bibliothèque des pénalités et des intérêts et peut calculer ce que doivent les clients. Les factures sont imprimées dans le format requis.

2.5 Outils d'analyse technique

Le MTC du Pérou a mis en oeuvre les modules techniques ci-après:

- saisie de données sur l'interface technique;
- analyses techniques, analyses de la CEM et du rapport *C/I*;
- assignation de fréquence.

2.5.1 Saisie de données sur l'interface technique

Le système fournit une interface conviviale fondée sur les concepts GUI et permettant de comprendre visuellement tous les éléments affichés à l'écran. Son but est de permettre à l'opérateur de travailler dans un environnement efficace et sécurisé. Les menus de l'application sont généralement organisés selon une approche fondée sur les travaux. Par exemple, la gestion des données d'interface permet de créer et d'éditer les sites et les stations, et de les choisir avant un calcul de simulation, etc.

2.5.2 Analyses techniques, analyses de la CEM et du rapport *C/I*

En tant qu'administration chargée de la gestion des fréquences au Pérou, le MTC devrait:

- Définir les politiques et réglementations à partir des analyses techniques et des planifications fournies par le groupe d'appui technique.
- Préparer et coordonner les conférences et réunions internationales à partir des contributions et des études du groupe d'appui technique.
- Etablir des laboratoires techniques dotés de moyens d'essais, de maintenance et d'étalonnage; se livrer à des activités de recherche-développement; mener des études; etc.
- Tenir à jour la liste des équipements homologués et acceptables du point de vue technique.
- Coordonner et assigner des fréquences, et attribuer des licences pour des fréquences; coordonner et attribuer des licences pour des stations radio; ces activités sont fondées sur des paramètres, études et analyses techniques: analyses de la CEM et des brouillages ainsi que vérification de l'ingénierie du système.
- Les analyses de la CEM et des brouillages ont pour objet d'étudier l'incidence des assignations de fréquence projetées sur les assignations existantes (au niveau national et international). Elles comprennent les quatre principales étapes suivantes:
 - sélection des assignations existantes selon la zone géographique autour du site proposé et selon la gamme de fréquences autour du canal potentiel;
 - détermination des niveaux de brouillage acceptables;
 - détermination des niveaux de brouillage causés par chaque assignation existante au site examiné;
 - notification des cas de brouillages potentiels.
- Avant les analyses de la CEM, une étude de l'ingénierie du système devrait être effectuée pour évaluer la validité des prescriptions minimales d'un réseau donné, bien que la conception complète du système ne soit pas d'ordinaire du ressort du MTC. L'étude de l'ingénierie du système a pour but de s'assurer que les paramètres techniques de l'installation sont compatibles avec le type d'opération projeté sur le site et qu'ils sont suffisants et optimaux à cette fin.
- Réalisation d'activités d'inspection et de contrôle selon les recommandations et directives du groupe d'appui technique.

Pour aider le MTC à réaliser les tâches ci-dessus, le système ELLIPSE Spectrum comprend différents modules, notamment pour le calcul de la couverture des stations et des réseaux, le calcul de la couverture ponctuelle, le calcul de la couverture des itinéraires, les analyses de la CEM, le calcul des produits d'intermodulation, le calcul du rapport *C/I*, etc.

Différents modèles de propagation sont offerts à l'opérateur de l'application et peuvent être choisis pour une analyse, une bande, une région, un service, etc., en particulier. Parmi ces modèles, un modèle exclusif élaboré par CTS peut être étalonné à l'aide des paramètres locaux.

2.5.3 Assignation de fréquence

Le MTC devrait être en mesure de:

- Tenir à jour une base de données exacte sur les assignations de fréquence. Le nombre des utilisateurs de fréquences et de services de radiocommunication ne cessant d'augmenter, il devient important de disposer d'une base de données électronique fondée sur des outils de gestion de bases de données relationnelles à la pointe de la technologie. Les assignations de fréquence obéissent aux politiques et réglementations nationales ainsi qu'aux règles nationales de planification des fréquences. La base de données nationale devrait comporter des renseignements administratifs, géographiques et techniques sur toutes les assignations de fréquence nationales.
- Recourir à des analyses de la CEM, s'il y a lieu, pour déterminer si une nouvelle assignation est susceptible de causer des brouillages préjudiciables à des assignations existantes ou d'être victime de brouillages préjudiciables en provenance d'assignations existantes.
- Assigner des fréquences à partir des résultats de la coordination des fréquences et des analyses de la CEM.
- Assigner des fréquences selon le principe du partage. En fait, le spectre radioélectrique étant une ressource limitée, le MTC devrait promouvoir et appliquer, le cas échéant, les principes de partage des fréquences. Celles-ci peuvent être partagées si leur espacement est suffisant, ce qui est possible en réutilisant une fréquence lorsque les stations utilisant la même fréquence sont situées à une distance suffisante les unes des autres. On peut contrôler l'espacement à partir de plusieurs paramètres: on peut utiliser par exemple une puissance apparente rayonnée (p.a.r.) de sortie limitée, des antennes à effet directif, une largeur de bande limitée, un filtrage approprié, etc. Le partage de fréquences est également possible avec le partage de temps. Dans ce dernier cas, la même fréquence peut être assignée à différents utilisateurs à des intervalles de temps différents sur une période de 24 h.

Le système permet d'obtenir une analyse exacte et complète du brouillage causé à une station/fréquence donnée ou causé par une station/fréquence donnée. Cette étude est fondée sur la modélisation d'un réseau à l'aide de différents types de stations et sur une analyse des sources de brouillages. Une liste de fréquences permet d'optimiser l'occupation du spectre et de minimiser les brouillages.

2.6 Interface avec le système de contrôle du spectre

L'opérateur responsable des tâches techniques de contrôle du spectre peut accéder aux données techniques du système de gestion du spectre dont il a besoin pour son travail quotidien. Il peut aussi utiliser les données de contrôle pour mettre à jour la base de données de gestion du spectre.

L'échange d'informations entre les systèmes de gestion et de contrôle se fait par le biais d'un transfert de fichiers électroniques. Le système envoie la liste des paramètres à mesurer (liste de vérification) au système de contrôle du spectre, qui renvoie une liste des anomalies liées à ces paramètres dans un fichier de sortie (liste de résultats), ainsi que les résultats des mesures effectuées, s'il y a lieu.

Deux scénarios opérationnels peuvent être envisagés:

- session de contrôle technique à l'initiative de l'opérateur du système de gestion du spectre; ou
- session de contrôle technique à l'initiative de l'opérateur du système de contrôle du spectre.

Ces missions peuvent être initiées et lancées à partir du centre national ou de chacun des centres régionaux.

Cette configuration a été considérée comme offrant un bon rapport entre exactitude et coût. A vrai dire, elle permet au MTC d'effectuer des prévisions dans l'ensemble du pays tout en permettant des calculs et analyses précis pour Lima. Cette base de données cartographique peut aisément être actualisée pour les autres villes principales du Pérou au cours des nouvelles phases à venir.

2.8 Conclusion

L'introduction d'un nouveau processus au sein de l'organisation impose d'habitude une période d'adaptation ainsi qu'un suivi poussé et une aide au personnel de l'administration.

Cette action est même plus importante et critique lorsqu'elle consiste en la mise en oeuvre d'un système informatisé. En réalité, outre la mise en oeuvre de nouveaux processus ou méthodes de travail ou l'adaptation à de nouveaux processus ou méthodes de travail, il est nécessaire de former correctement les opérateurs des systèmes généralement habitués aux travaux administratifs, aux processus manuels et/ou à diverses applications informatisées non intégrées.

En outre, un système informatisé perfectionné exige une base de données complète et exacte contenant des informations administratives, techniques et géographiques validées. En conséquence, le processus de collecte et de migration de données a été un centre d'intérêt et un véritable défi tant pour le MTC que pour les entreprises TCC/CTS au cours de la mise en oeuvre et de la mise en service du système.

Le succès d'un projet aussi important et complexe dépend réellement d'un principe primordial: le sérieux et la volonté des parties concernées, le MTC et l'UIT, d'une part, et THALES et CTS, d'autre part, pour ce qui est d'investir l'énergie nécessaire, de mettre à disposition les moyens humains, techniques et financiers requis et enfin de créer la synergie appropriée entre toutes les parties et à chaque niveau et phase de la mise en oeuvre du projet et de l'exploitation du système.

Grâce à l'efficacité de ces systèmes évolués de gestion et de contrôle du spectre, le MTC dispose maintenant des moyens indispensables pour améliorer ses tâches de gestion et de contrôle du spectre et s'acquitter adéquatement de son mandat conformément aux règlements et recommandations internationales et nationales. Les phases projetées pour l'avenir devraient faciliter la décentralisation du processus.

ANNEXE 8

DU CHAPITRE 7

**Système national de gestion et de contrôle du spectre
dans la République du Botswana****1 Introduction**

La présente Annexe a pour objet de décrire le système de gestion du spectre utilisé par la Botswana Communications Regulatory Authority (BOCRA).

La BOCRA est un organe statutaire créé en vertu de la Loi sur la réglementation des communications du Botswana. Elle a notamment pour mandat d'assurer une utilisation rationnelle du spectre des fréquences radioélectriques dans le pays en mettant en place des processus de gestion du spectre adéquats. En 2006, la BOCRA a acquis un système automatisé de gestion du spectre, lequel a été élaboré dans le respect des politiques en vigueur concernant la gestion du spectre. A ce jour, le système a fait l'objet de plusieurs mises à niveau afin de satisfaire aux exigences liées à la gestion du spectre alors que des licences sont délivrées pour l'exploitation de nouvelles technologies.

Le système de gestion du spectre, illustré à la Figure 7.18, comprend les éléments suivants:

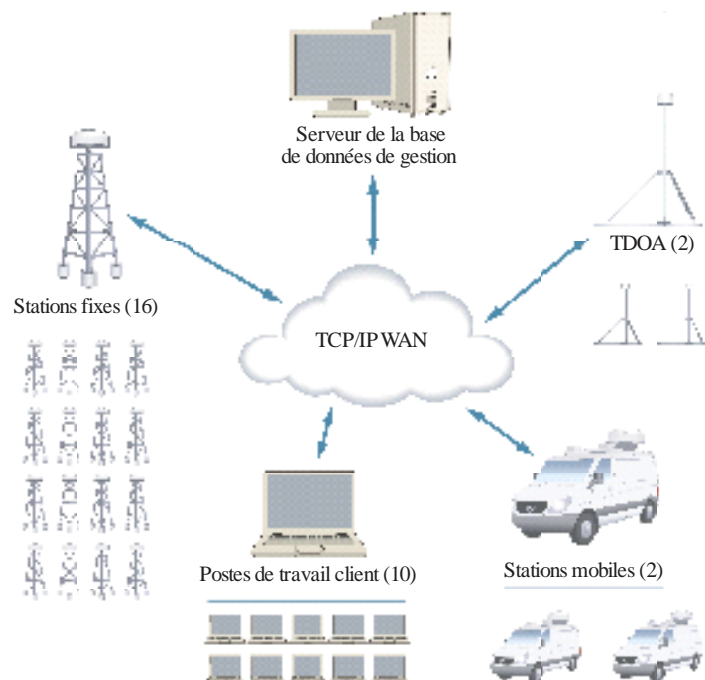
- un (1) système automatisé de gestion du spectre (ASMS) utilisant le web, qui se trouve au siège de la BOCRA, et
- un (1) système de contrôle du spectre comprenant 16 stations de contrôle des émissions fixes et 2 mobiles, implantées dans le pays ainsi que deux capteurs TDOA qui fonctionnent en parallèle avec les sites fixes dans la capitale afin d'assurer une fonction hybride TDOA/AOA.

Le matériel et les logiciels sont fournis par TCI (Etats-Unis) et sont conçus pour fonctionner conformément à la Recommandation UIT-R SM.1537.

Ce système permet à la BOCRA de gérer efficacement le spectre des fréquences radioélectriques au Botswana. Pour ce faire, la BOCRA:

- établit et tient à jour un registre des utilisations autorisées pour les différentes bandes de fréquences, compte tenu du plan national;
- tient à jour un registre de tous les équipements de radiocommunication (numéro de série et indicatif d'appel) pour chaque titulaire de licence;
- autorise et enregistre chaque assignation de fréquence conformément au plan national;
- analyse les assignations de fréquence proposées pour évaluer les risques de brouillage avec les utilisateurs autorisés du spectre;
- effectue toutes les mesures radioélectriques recommandées par l'UIT;
- détecte les signaux non conformes, non autorisés ou brouilleurs ainsi que leurs caractéristiques;
- localise la source des signaux non conformes, non autorisés ou brouilleurs, ce qui permet de résoudre rapidement le problème et de protéger les intérêts des utilisateurs légitimes du spectre.

FIGURE 7.18

Composantes du système de la BOCRA

Nat.Spec Man-7.18

2 Description du système de gestion du spectre**2.1 Aperçu général**

Le système automatisé de gestion du spectre de la BOCRA (ASMS) se compose des éléments suivants:

- Un (1) serveur web ASMS connecté au réseau local de la BOCRA et à l'Internet. Il héberge le site web des applications en ligne de la BOCRA ainsi que la base de données du système de gestion.
- Dix (10) postes de travail client, répartis entre le bureau central de l'administration et le bâtiment du centre de contrôle du spectre. Le logiciel client ASMS est installé sur chaque poste de travail; le progiciel facultatif des outils d'analyse est installé sur plusieurs de ces postes de travail.

La finalité du système de gestion est de faciliter la planification et la gestion de l'utilisation de la ressource que constitue le spectre des fréquences radioélectriques. Lors de la première installation du système, la BOCRA s'occupait uniquement de la réglementation des télécommunications. Le mandat de la BOCRA a évolué et regroupe aujourd'hui les télécommunications, les TIC, la radiodiffusion et les services postaux. Le système a été mis à niveau afin d'inclure l'octroi de licences pour d'autres services. Grâce à la centralisation, la BOCRA a pu s'acquitter de son mandat plus facilement étant donné que les licences pour les services, pour les équipements de radiocommunications et pour les systèmes sont liées et il est donc possible d'avoir une vue d'ensemble des clients titulaires de plusieurs licences distinctes. Le système offre désormais les fonctionnalités suivantes:

- il gère le plan national d'attribution des fréquences. Le plan peut être affiché sous forme d'un tableau ou sous forme graphique;
- il conserve les dossiers administratifs de tous les requérants avec leur nom, leur adresse de courrier électronique et leurs coordonnées;
- il traite les demandes de licences pour les équipements, les systèmes et les services de radiocommunication, et pour les équipementiers de télécommunication. Il enregistre toutes les assignations de fréquence par utilisateur, emplacement, fréquence, puissance et autres paramètres techniques exigés par l'UIT;

- il calcule les caractéristiques de propagation des stations d'émission et analyse les risques de brouillage entre ces stations;
- il calcule automatiquement les droits à acquitter pour toutes les licences et produit des factures proforma. Il traite les demandes de paiement reçues et synchronise les données de facturation et de paiement avec le système comptable de la BOCRA;
- il traite les dossiers de conformité (inspections et violations);
- il établit des rapports administratifs et techniques;
- il gère la liste des équipements homologues et l'utilise pour remplir les informations dans les demandes;
- il assure l'interface avec le système de contrôle du spectre pour faciliter l'identification des signaux non conformes et non autorisés;
- il permet le traitement en ligne des licences pour les systèmes et les services suivants: PTO (opérateur public de télécommunication), VANS (services de réseau à valeur ajoutée), PTN (réseau de télécommunication privé). Il offre aussi la possibilité de sauvegarder tous les documents sur écran qui ont été soumis pendant la procédure de demande et toutes les informations demandées pendant l'évaluation;
- il permet de déposer une plainte en ligne:
 - grief à l'encontre d'un des opérateurs titulaires d'une licence de la BOCRA;
 - plainte concernant des questions non liées aux licences;
 - violation signalée des conditions prévues dans la licence.

Il est conçu conformément aux lignes directrices indiquées dans la Recommandation UIT-R SM.1370.

2.2 Architecture

Le système de gestion s'articule autour du modèle informatique client-serveur. Le serveur web ASMS utilise le Microsoft® SQL Server® pour la base de données et le serveur Microsoft IIS pour le logiciel sur le site web. Le logiciel client ASMS est customisé dans divers langages Microsoft et utilise des composantes de l'ESRI™ pour l'affichage géospatial des résultats des analyses techniques et de Sage™ pour l'interface avec le système comptable de la BOCRA.

Le serveur web ASMS et l'imprimante de documents sont hébergés dans le bâtiment du siège de la BOCRA. Les postes de travail client ASMS sont connectés au serveur via le réseau local. Les dix postes de travail sont répartis entre le siège et le centre de contrôle, lequel est situé dans un autre bâtiment de la capitale et connecté par faisceaux hertziens. Les logiciels clients ASMS et SMS sont tous les deux installés sur chaque poste de travail.

Le serveur web ASMS est connecté à l'Internet afin de pouvoir accepter les demandes soumises par les utilisateurs en ligne. Il est également connecté au serveur du protocole de transfert de courrier de la BOCRA. Il utilise cette connexion SMTP pour envoyer des notifications d'approbation, de renouvellement ou de situation générale par courrier électronique aux requérants ou aux administrateurs, selon le cas.

Plusieurs couches de sécurité sont prévues dans le système, y compris un accès restreint par mot de passe, des groupes de sécurité, des techniques de cryptage et d'autres techniques permettant d'assurer plus facilement la sécurisation des transmissions sur le réseau et de décourager tout accès non autorisé au système.

2.3 Logiciel client ASMS

Le logiciel client ASMS assure une interface utilisateur conviviale avec la base de données du système de gestion. Il accepte les informations figurant dans les demandes de licences, les plaintes en cas de brouillage et les informations provenant d'autres sources et met en relation ces informations avec les données figurant déjà dans la base de données. Il est ainsi possible de produire divers documents très utiles comme les factures, les notifications, les certificats de licences ou les rapports de gestion. Cela est illustré à la Figure 7.19.

L'application client ASMS est pilotée par menu. Chaque menu principal donne accès à un ensemble de fonctionnalités connexes. Les menus principaux et les fonctionnalités correspondantes sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

2.3.1 Comptabilité

Le menu Comptabilité donne accès à des données administratives concernant les clients et assure le contrôle des aspects facturation du système. Il permet de créer des factures manuellement, si nécessaire, et d'enregistrer les paiements reçus. L'utilisateur peut actualiser les montants fixes qui lui sont facturés pour divers services ainsi que les constantes utilisées pour les calculs des droits. Le grand livre en partie double utilisé par le logiciel ASMS peut être tenu à jour à partir de ce menu. Enfin, il ouvre une interface avec le système comptable de la BOCRA qui assure la synchronisation des livres comptables du logiciel ASMS et de la BOCRA.

2.3.2 Traitement des demandes

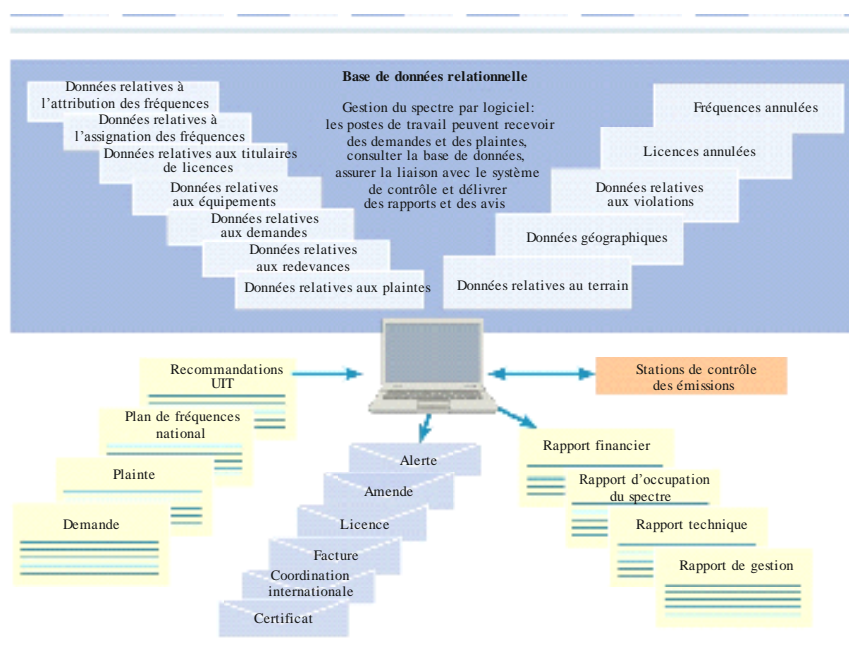
Le menu Traitement des demandes permet d'entrer plusieurs types de demandes dans le système en vue de leur examen et de leur approbation:

- licence radio (pour l'utilisation du spectre radioélectrique);
- licence pour un équipementier de télécommunication (pour les importateurs et les distributeurs d'équipements);
- homologation des équipements de télécommunications (pour certifier une marque/modèle en vue de son utilisation au Botswana);
- coordination frontalière du trafic entrant (pour prévoir les brouillages que pourraient causer des stations étrangères en projet);
- systèmes et services (une licence neutre du point de vue des services pour les fournisseurs de systèmes).

Le système attribue un numéro de référence unique à chaque nouvelle demande, fournit des valeurs par défaut dans les formulaires de demande et remplit automatiquement les champs lorsque cela est possible. Ces fonctionnalités sont à la disposition des utilisateurs en ligne qui utilisent les navigateurs sur le web ainsi que de tous les utilisateurs du logiciel client ASMS.

FIGURE 7.19

Entrées et sorties types du logiciel ASMS



2.3.3 Traitement des licences

Le menu Traitement des licences permet d'effectuer diverses actions concernant une demande de licence. Une toute nouvelle licence peut être délivrée après acquittement des droits; les rappels concernant le renouvellement de licences peuvent être envoyés par courrier électronique; les licences peuvent être modifiées, transférées, suspendues ou supprimées. Des fonctionnalités de recherche approfondie sont également disponibles.

2.3.4 Analyse technique

Le menu Analyse technique donne accès à une suite d'outils permettant de prévoir la propagation des signaux radioélectriques sur l'ensemble du territoire d'un pays. Les conditions initiales pour chaque analyse sont fonction des informations figurant dans la demande de licence radio sélectionnée par l'utilisateur, y compris les coordonnées de la station et les spécifications des équipements de la station. L'utilisateur peut faire varier les valeurs initiales et recalculer les résultats sans qu'il y ait d'incidence sur les informations stockées à l'intérieur de la base de données. Le système fournit également des valeurs pour certains paramètres atmosphériques et terrestres; l'utilisateur peut également tester ces valeurs. Certains outils permettent de présenter les rapports sous forme de tableaux; d'autres outils permettent d'afficher les résultats graphiquement sur les cartes de terrains numériques. L'écran des paramètres d'entrée pour l'analyse des liaisons hertziennes est illustré à la Figure 7.20.

FIGURE 7.20

Paramètres d'entrée pour l'analyse des liaisons hertziennes

Nat.Spec.Man-7.20

2.3.5 Fréquence

Le menu Fréquence fournit des options pour consulter le plan national d'attribution des fréquences (ou le plan de l'UIT pour n'importe quelle région) et afficher les résultats sous forme de texte ou sous forme graphique. Ce menu permet d'avoir accès à plusieurs rapports et demandes de renseignements concernant les assignations de fréquence. Il permet de consulter les assignations de fréquence existantes et d'assigner de nouvelles fréquences (en fonction de l'état d'avancement de la demande). Il permet également d'identifier les demandes comportant des stations situées dans les limites de la distance de coordination avec les pays voisins et de suivre l'évolution des demandes de coordination transfrontière.

2.3.6 Respect de la réglementation

Le menu Respect de la réglementation permet de créer, de modifier et de classer les rapports concernant des plaintes, des violations ou des inspections de stations. Il exporte également les coordonnées détaillées des stations soumises à licence vers le système de contrôle du spectre (SMS), en vue de leur utilisation dans la détection automatique des violations (AVD) et affiche les mesures de contrôle fournies par le système SMS.

2.3.7 Rapports

Le menu Rapports donne accès à 11 rapports texte et à 59 rapports personnalisés couvrant les stations hertziennes, les demandes, les licences, les plaintes et les questions financières.

2.3.8 Questions administratives

Le menu Questions administratives permet aux administrateurs de mettre à jour les tableaux du système ASMS, de visualiser les journaux d'erreurs, de gérer les différents utilisateurs et de définir des groupes d'utilisateurs. Il existe également des options pour importer la dernière version du CD de la BR IFIC (assignations aux services de Terre), approuver les demandes de licences radio et imprimer des notifications UIT.

2.4 Logiciels du serveur web ASMS

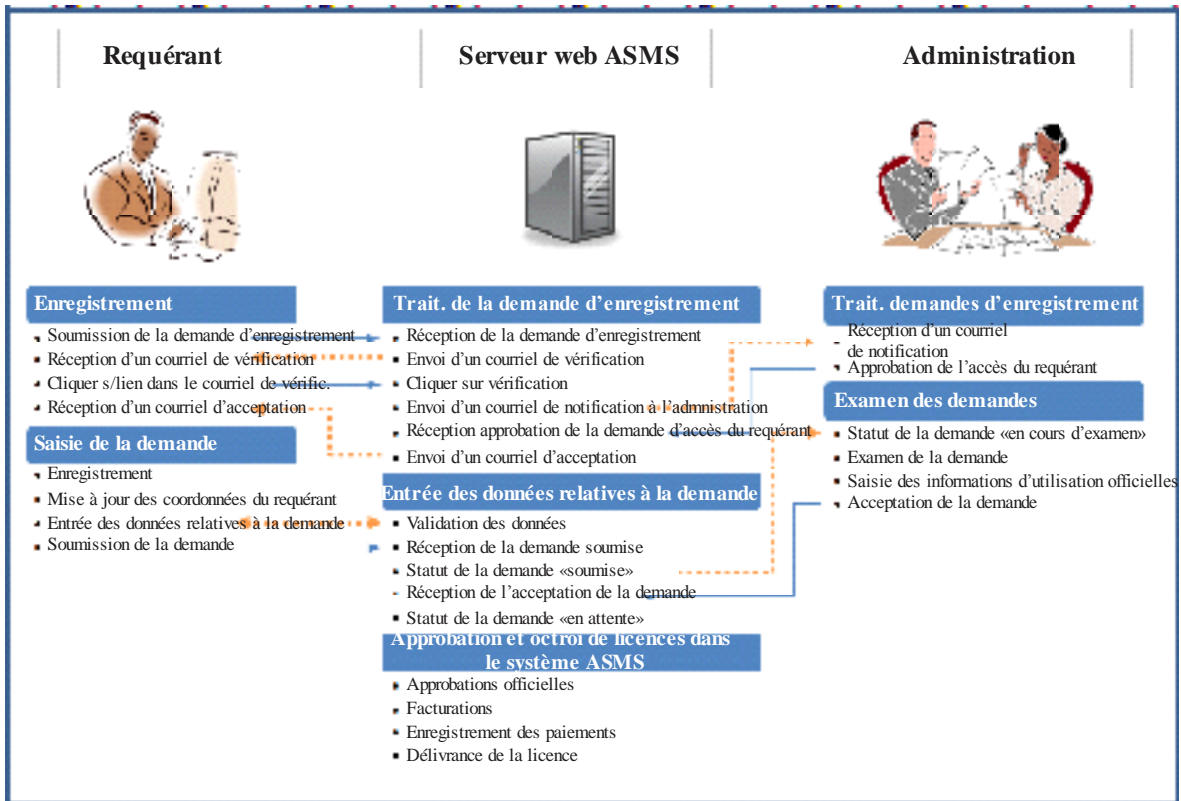
La base de données du système de gestion est hébergée sur le serveur web ASMS. Les postes de travail ASMS se connectent à ce serveur pour traiter les demandes de licences radio, créer des rapports et accomplir la plupart des autres tâches. Le serveur héberge également le portail client sur le web ASMS qui permet aux requérants en ligne de soumettre des demandes et d'autres formulaires électroniquement sur Internet. Ce portail permet de remplir et de soumettre les formulaires suivants:

- demande de licence radio (tous les types);
- demande d'homologation d'équipements;
- demande de licence pour équipementier de télécommunication;
- demande de licence pour des systèmes et des services;
- plaintes.

Ces formulaires contiennent tous les champs et toutes les fonctionnalités qui apparaissent dans la version client du poste de travail du système ASMS, y compris les listes de sélection mises à jour dynamiquement, les champs qui se remplissent automatiquement, et la possibilité de joindre sous forme électronique des documents d'accompagnement. Les requérants en ligne ne voient pas toutefois les champs réservés à une utilisation officielle.

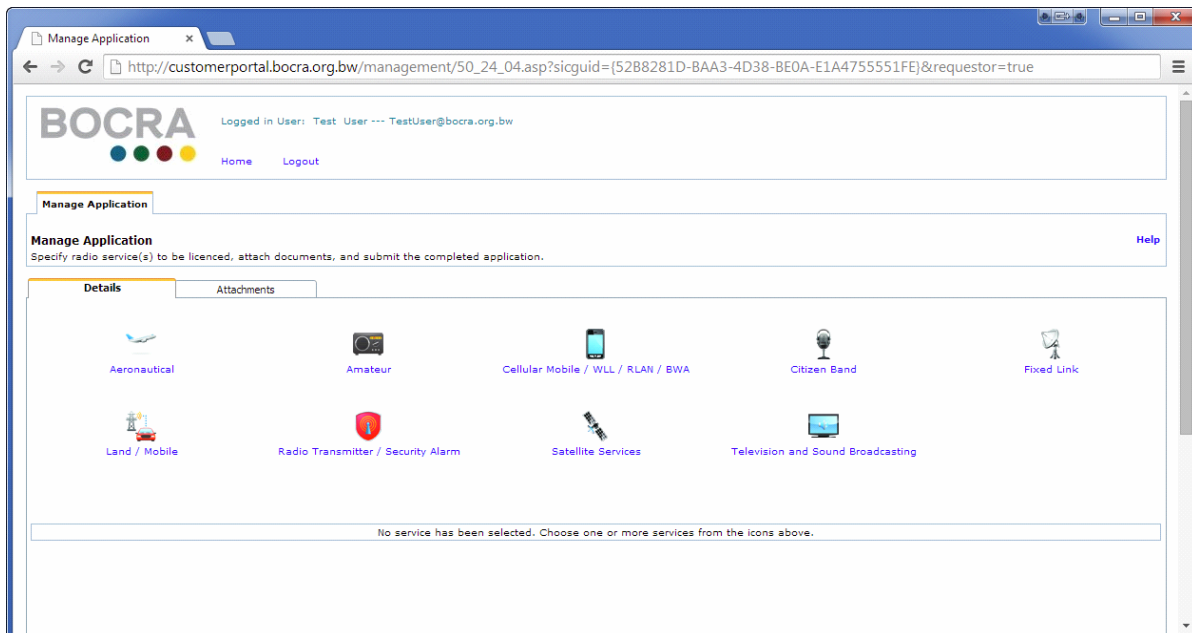
Les fonctionnaires autorisés de la BOCRA peuvent s'enregistrer sur le site web via le portail des administrateurs. Ils peuvent verser les demandes et les plaintes directement dans la base de données ASMS. Les différents éléments de l'enregistrement en ligne et de la soumission en ligne des demandes sont illustrés à la Figure 7.21. Une page web du portail d'application client est illustrée à la Figure 7.22.

FIGURE 7.21
Enregistrement et saisie des demandes en ligne



Nat.Spec.Man-7.2

FIGURE 7.22
Demande en ligne de licence radio



Nat.Spec.Man-7.22

2.5 Module Octroi de licences dans le système ASMS

Le système ASMS met en oeuvre un module réparti centralement pour le traitement des demandes de licences. La base de données ASMS joint à chaque demande un statut au fur et à mesure qu'elle avance dans le système. Une demande de nouvelle licence ou la modification d'une licence sont considérées comme figurant dans «Data Entry» (entrée des données) pendant que les informations sont saisies. Une fois que la saisie des données est terminée et que le système a vérifié que toutes les données demandées ont été fournies, la demande peut passer au stade «Pending Approval» (en attente d'approbation). Après l'examen en bonne et due forme et l'approbation des divers départements, le système calcule automatiquement les droits à acquitter, établit une facture et fait progresser la demande au statut «Invoiced» (facturé). Dès que le paiement a été versé intégralement, la demande peut alors passer au statut «Licenced» (licence octroyée). Le contrôle des différents modules garantit que le statut d'une demande ne peut progresser que si le traitement de l'étape précédente est terminé.

2.6 Sécurité

Chaque utilisateur du serveur client ASMS se voit rattaché à un ou plusieurs groupes de sécurité selon le profil qu'il a enregistré. Chaque groupe de sécurité est autorisé à avoir accès à une tranche limitée du système ASMS. Les utilisateurs du groupe Data Entry, par exemple, sont autorisés à visualiser et à modifier des demandes de licence mais pas les dossiers comptables. Les autorisations de chaque groupe peuvent être personnalisées. Plusieurs niveaux d'accès peuvent être définis pour le contrôle de l'interface d'utilisateur, depuis Not Visible (non visible) (niveau le plus bas) jusqu'à Full Access (accès intégral) (niveau le plus élevé). Lorsqu'un utilisateur appartient à plus d'un groupe de sécurité et que les autorisations relatives à un objet ou au contrôle sont en conflit, l'autorisation de rang le plus élevé prévaut. De nouveaux groupes de sécurité peuvent être définis sur la base des groupes existants.

3 Description du système de contrôle du spectre

Le système de gestion du spectre est intégré dans un système de contrôle du spectre (SMS) conformément à la Recommandation UIT-R SM.1537.

3.1 Aperçu général

La finalité première du SMS est la suivante:

- vérifier la conformité avec les émissions assignées, telles qu'indiquées dans la licence et stockées dans la base de données du système de gestion;
- examiner les cas de brouillage, localiser les émetteurs non autorisés ou fonctionnant avec des caractéristiques non conformes à celles prescrites;
- contrôle de l'utilisation effective du spectre et la possibilité de détecter automatiquement les violations des paramètres techniques prescrits dans la licence.

Le système SMS de la BOCRA comprend (16) stations fixes de contrôle des émissions en ondes métriques/décimétriques réparties dans l'ensemble du pays. Deux grandes villes sont desservies chacune par trois stations chacune. Cinq sites dans le pays ont également une fonctionnalité de radiogoniométrie en ondes décimétriques. Ils ont été choisis de façon stratégique pour que cette fonctionnalité de radiogoniométrie soit disponible dans l'ensemble du pays. Tous les sites recueillent des données de mesure relatives aux angles d'arrivée (AOA), lesquelles peuvent être regroupées pour obtenir un résultat de géolocalisation.

Le système comprend aussi deux capteurs TDOA (décalage des instants d'arrivée) implantés dans la capitale du pays. Les mesures fournies par ces capteurs peuvent être combinées avec celles d'un autre site AOA pour assurer une fonction de géolocalisation «hybride» dans la capitale.

Le système comprend aussi deux (2) unités mobiles en ondes décimétriques/décimétriques/ métriques qui peuvent effectuer des opérations de radiogoniométrie jusqu'à 8 GHz.

Les stations de contrôle des émissions sont pilotées essentiellement depuis le centre de contrôle situé dans la capitale, Phakalane, Gaborone. Les dix (10) postes de travail sont répartis entre le centre de contrôle et le siège de la BOCRA. Ils tournent tous sur Scorpio Client (application client du SMS) et sur le logiciel client ASMS.

Le système SMS effectue toutes les mesures recommandées par l'UIT, y compris les mesures des paramètres des signaux (fréquence, champ et densité de puissance, modulation et largeur de bande occupée), les mesures de radiogoniométrie et les mesures d'occupation du spectre. Le processus de mesure est entièrement automatisé de sorte que les opérateurs n'ont pas à apprendre, mémoriser et examiner les diverses règles des mesures.

3.2 Architecture

Le logiciel du système tourne dans un environnement client-serveur Microsoft® Windows®. Les serveurs du SMS tournent sur Windows 7 Embedded. Les postes de travail client du SMS tournent sur Windows 7. Tous les serveurs de mesure à bord des stations fixes sont connectés au réseau du bureau via des liaisons par faisceaux hertziens. Les serveurs de mesure à bord des dispositifs mobiles se connectent via le réseau cellulaire GSM. Les postes de travail client sont répartis entre le bâtiment du siège de la BOCRA et le centre de contrôle, lequel est situé dans un autre bâtiment dans la capitale et connecté par liaisons hyperfréquences. Les logiciels clients ASMS et SMS sont tous les deux installés sur chaque poste de travail.

3.3 Logiciel client SMS

Le logiciel client SMS (Scorpio Client) a les fonctionnalités suivantes:

3.3.1 Métrologie

Ces dispositifs permettent d'effectuer des mesures précises des paramètres des signaux conformément aux Recommandations de l'UIT. Ils sont utilisés pour vérifier la conformité aux prescriptions figurant dans la licence et ces vérifications peuvent être programmées.

3.3.2 Contrôle des dispositifs

Ces dispositifs servent à trouver, identifier et enregistrer les paramètres d'émetteurs particuliers, habituellement des systèmes pirates fonctionnant sans licence ou des sources de brouillage. Ils comportent de nombreux outils de radiogoniométrie permettant de localiser l'émetteur ciblé.

3.3.3 Outils

Ces outils servent à surveiller, détecter et cartographier le spectre pour détecter la présence de signaux. Il s'agit avant tout de vérifier si l'environnement électromagnétique existant correspond aux informations figurant dans la base de données de gestion. L'outil de détection automatique des violations (AVD) permettra de rendre compte de la conformité et des écarts entre la base de données de gestion et l'environnement électromagnétique réel. Les outils de mesure d'occupation du spectre permettent d'effectuer des vérifications statistiques pour s'assurer que les canaux assignés sont bien utilisés conformément aux spécifications des licences.

3.3.4 Diagnostic et maintenance (BIST)

Ce dispositif intégré d'autotest est utilisé pour obtenir le statut opérationnel d'un serveur (station de contrôle des émissions fixe, mobile ou portable).

3.4 Mesures

L'outil Mesures contient une zone «calendrier des tâches» où sont définies les tâches liées aux mesures. Il est possible de sélectionner un ou plusieurs des paramètres suivants pour les mesures: fréquence, champ et puissance surfacique, modulation, largeur de bande occupée, radiogoniométrie et occupation du spectre. Les mesures sont automatiquement répétées et moyennées en fonction des paramètres sélectionnés par l'utilisateur. Les méthodes d'établissement de moyennes disponibles sont notamment les suivantes: la méthode linéaire, la méthode de l'écart quadratique moyen et la méthode du maintien de la valeur maximale. Toutes les mesures sont réalisées conformément aux Recommandations de l'UIT et au *Manuel sur le contrôle du spectre*. Il existe trois modes de mesure: mode interactif, mode programmé et mode en arrière-plan.

- Mode interactif: Il permet d'interagir directement avec diverses fonctions qui fournissent instantanément des informations en retour comme le réglage du récepteur de contrôle, la sélection de la démodulation, l'affichage de radiogoniométrie en temps réel, la notification d'alarmes automatique et le choix d'un affichage panoramique. La radiogoniométrie pour la détection d'une

source de brouillage et la cartographie du champ sur une zone géographique sont des exemples importants de fonctionnement interactif. Les mesures de radiogoniométrie et du champ peuvent être pilotées depuis une unité mobile lorsque cette unité est stationnaire ou en mouvement sans qu'il soit nécessaire de grouper/dégrouper les antennes pour effectuer les mesures.

- Mode automatique ou programmé: Il 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.
- Mode arrière-plan: Il est utilisé pour les mesures du degré d'occupation du spectre, le balayage radiogoniométrique et la détection automatique des violations – tâches pour lesquelles il est souhaitable de collecter des données sur de longues périodes. Le système est programmé pour réaliser immédiatement ou à une date/heure future un balayage automatique sur des fréquences discrètes ou des plages de fréquences particulières. Les résultats des mesures demandées sont stockés localement dans le processeur du spectre et peuvent être rappelées par l'opérateur qui a lancé l'exécution de la tâche soit pendant que la tâche est en cours, soit après que la tâche est terminée. Ces données peuvent ensuite être utilisées pour établir des rapports et combinées avec les données relatives aux licences figurant dans la base de données du système de gestion pour détecter automatiquement les éventuelles violations de licences.

L'outil de mesures contient aussi une zone «résultats des tâches» qui permet à l'opérateur de visualiser, d'imprimer et de sauvegarder un rapport faisant la synthèse des résultats collectés. Les rapports contenant les résultats des mesures contiennent toutes les informations sur le dispositif de mesure et le résumé des résultats donne les informations suivantes: données relatives aux tâches, date, heure, fréquence, largeur de bande, identité, mesures demandées, type, résultats et données graphiques.

3.5 Affichage et contrôle des cartes

La fenêtre des cartes affiche les stations de contrôle du réseau, les lignes de relèvement radiogoniométrique et de relèvement de position et l'emplacement des émetteurs (avec des ellipses d'erreurs à l'intersection des lignes de relèvement). Le système est configuré avec de nombreuses cartes, notamment des cartes sur Internet comme Bing® et OpenStreetMap. L'opérateur a la possibilité d'afficher de multiples couches (villes, régions, fleuves, etc.) en choisissant le bouton «Layers» (couches). Il peut faire un gros plan, revenir au plan général, faire un panoramique, centrer ou effectuer des fonctions de mesure. Des annotations intégrées ou personnalisées peuvent être ajoutées à n'importe quelle carte. L'opérateur a la possibilité de demander une copie imprimée des renseignements affichés.

3.6 Récepteur de contrôle

L'opérateur commande les récepteurs de contrôle intégrés au moyen d'un tableau de commande virtuel (voir la Figure 7.23). Celui-ci est doté des commandes habituelles associées aux récepteurs autonomes types, qui assurent une commande interactive du récepteur permettant de visualiser et d'écouter en temps réel le signal contrôlé. Les informations d'état du récepteur et les commandes pour la fréquence, le mode de détection et la commande automatique de gain sont affichées sur le même écran. Les enregistrements audio sont effectués de manière numérique sous forme de fichiers audio (.wav) et peuvent être transférés entre toutes les stations. Les postes de travail sont équipés d'une carte son qui permet une lecture audio des signaux en direct ou enregistrés.

FIGURE 7.23

Ecran du récepteur de contrôle



Nat.Spec.Man-7.23

L'opérateur a accès à un certain nombre d'affichages qui permettent d'examiner les fréquences présentant un intérêt, notamment le panoramique du spectre. C'est le tracé sur l'axe des X et des Y de l'amplitude du signal par rapport à la fréquence, et il est possible d'afficher jusqu'à 10 MHz de largeur de bande de données numériques FI. L'opérateur peut se servir de cet affichage pour visualiser et identifier les signaux à large bande, ainsi que la relation entre les signaux dans le spectre radioélectrique et pour rechercher les sources de brouillages.

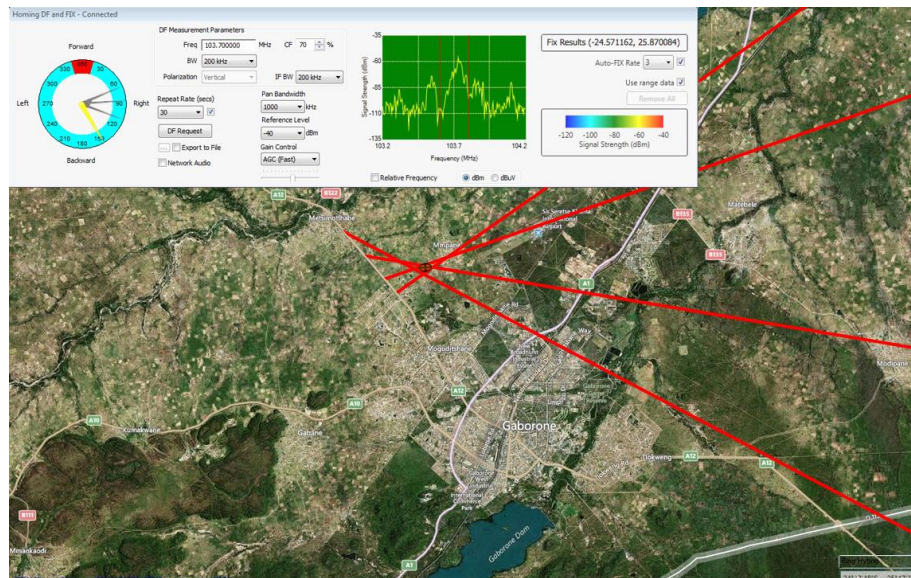
3.7 Radiogoniométrie

Le système de radiogoniométrie peut trouver rapidement et avec efficacité l'emplacement des émetteurs à l'aide des stations de contrôle. Le système peut calculer les résultats provenant de deux stations ou plus, et utiliser une seule station mobile pour effectuer une mesure radiogoniométrique de type «radiatorliement» (Homing).

Dans ce style de fonctionnement, une seule station de contrôle des émissions mobile effectue des mesures radiogoniométriques et des mesures de puissance du signal successives pendant qu'elle se déplace. A partir de ces mesures, la station de contrôle des émissions mobile localise l'émetteur (voir la Figure 7.24).

FIGURE 7.24

Exemple d'une fenêtre d'affichage de radiogoniométrie/de cartes



Nat.Spec.Man-7.2.

3.8 Degré d'occupation du spectre et détection automatique des violations

Les mesures de l'occupation du spectre permettent à l'opérateur de définir la gamme à contrôler en spécifiant les fréquences de départ et d'arrêt de la bande à examiner et de définir les paramètres de recherche, y compris la période pendant laquelle la recherche peut être effectuée.

La fonction principale du système de contrôle (AVD) est la détection automatique des violations. C'est un outil puissant qui permet de vérifier la conformité des émetteurs pour lesquels une licence a été délivrée et de détecter les émissions non autorisées. Cette fonction utilise les données de licences (assignations de fréquence) provenant de la base de données de gestion. Elle alerte l'opérateur si une émission donnée n'est pas conforme aux tolérances en matière de largeur de bande et de fréquence centrale assignée, telles que spécifiées pour la bande attribuée et le service dans le Plan national des fréquences du Botswana. Elle mémorise aussi dans la base de données de gestion des renseignements sur les émetteurs exploités sans une licence correspondante.

3.9 Rapports

Des rapports sur les paramètres des signaux, l'occupation du spectre et d'autres mesures peuvent être obtenus du système.

3.10 Méthode hybride AOA/TDOA

La BOCRA utilise actuellement un système de géolocalisation «hybride» pour localiser les émetteurs dans la capitale du pays. Il se compose de deux capteurs TDOA (différence entre les instants d'arrivée) dont les mesures sont combinées avec celles de stations utilisant l'angle d'arrivée (AOA).

La BOCRA a mis à niveau le système hybride pour améliorer de manière rentable la précision de la géolocalisation. Avec la méthode AOA, on a besoin d'un moins grand nombre de sites (deux au minimum) et la zone de couverture est plus étendue, mais la précision de la géolocalisation décroît avec la distance de l'émetteur. Avec la méthode TDOA, la précision de la géolocalisation ne décroît pas avec la distance de l'émetteur, mais on a besoin d'un plus grand nombre de capteurs (au moins 3, 5 dans la pratique) et leur utilité est limitée à la zone délimitée par les sites des stations de contrôle des émissions. La méthode hybride, comme celle qu'utilise la BOCRA, conjugue les avantages des systèmes AOA et TDOA et dépasse les limitations de ces systèmes. Les études entreprises par le fabricant du système montrent que, en règle générale, la méthode hybride nécessite deux fois moins de sites que la méthode TDOA pour une même précision de géolocalisation. Le coût initial d'un système hybride, pour lequel des sites sont moins nombreux mais plus onéreux qu'un système TDOA, est comparable. Toutefois, les coûts récurrents sont moins élevés avec un système hybride en raison du plus petit nombre de sites.

ANNEXE 9

DU CHAPITRE 7

Outils informatisés et activités harmonisées automatisées à la CEPT**1 Introduction**

La CEPT utilise quelques outils informatisés pour ses activités de gestion du spectre:

- SEAMCAT – Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool (outil d'analyse évolué utilisant la méthode de Monte Carlo pour l'ingénierie du spectre).
- EFIS – ECO Frequency Information System (système d'information sur les fréquences du Bureau européen des communications).

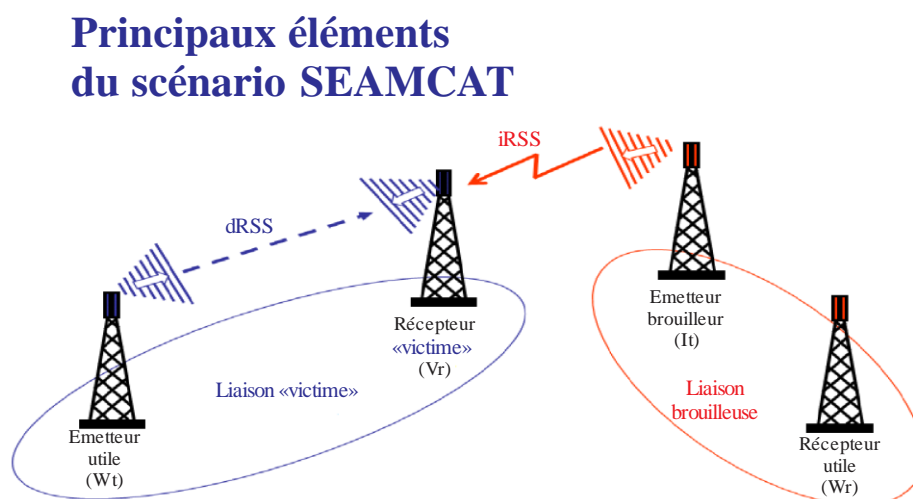
2 SEAMCAT

SEAMCAT est un logiciel de simulation utilisant la méthode de simulation de Monte Carlo qui a été mis au point dans le cadre de la Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications (CEPT). Cet outil permet de modéliser statistiquement différents scénarios de brouillage radioélectrique en vue de la réalisation d'études de partage et de compatibilité entre systèmes de radiocommunication (dispositifs à courte portée, GSM, UMTS, LTE, etc.) exploités dans les mêmes bandes de fréquences ou dans des bandes de fréquences adjacentes.

Le logiciel, tenu à jour par le Bureau européen des communications (ECO), est gratuit. Le Manuel sur le logiciel SEAMCAT est à la disposition du public, tout comme un manuel en ligne. Il permet à tout utilisateur potentiel du logiciel SEAMCAT de mieux comprendre comment fonctionne ce logiciel. L'interface utilisateur est orientée MS Windows et des fichiers XML sont utilisés pour les échanges de données.

Le logiciel SEAMCAT permet de modéliser n'importe quel type de système de radiocommunication dans des scénarios de brouillage avec des systèmes de Terre. Les résultats obtenus sont, entre autres, les suivants: quantification de la probabilité de brouillage entre divers systèmes de radiocommunication, examen des distributions spatiales et temporelles requises des signaux reçus ou perte de capacité imputable aux brouillages.

FIGURE 7.25

Principaux éléments du scénario SEAMCAT

A l'aide du logiciel SEAMCAT, la CEPT peut élaborer des règles de partage qui constituent des éléments importants du processus d'optimisation d'utilisation du spectre. A moins qu'une technique intelligente d'évitement des brouillages soit mise en oeuvre dans les systèmes de radiocommunication, un choix judicieux des conditions de partage est le seul moyen pour faire coexister différents systèmes et utiliser le spectre de façon optimale.

Le logiciel SEAMCAT est aujourd'hui utilisé dans la plupart des études réalisées par la CEPT qui définissent les spécifications techniques minimales à respecter pour mettre en oeuvre de nouveaux services et de nouvelles applications de radiocommunication de façon compatible avec les services et les applications existants. Les experts des administrations de la CEPT utilisent le logiciel SEAMCAT pour l'ingénierie du spectre.

Les fonctions du logiciel SEAMCAT permettent une automatisation des études de compatibilité répétitives en programmant plusieurs simulations pendant un seul et même passage du programme. Le cas type est une étude des incidences d'une modification de l'un quelconque ou de quelques-uns des paramètres du scénario sur la probabilité de brouillage.

L'espace de travail SEAMCAT de la CEPT est ouvert au grand public. D'autres informations, notamment sur le téléchargement du logiciel SEAMCAT, sont disponibles à l'adresse: <http://www.cept.org/eco/eco-tools-and-services/seamcat-spectrum-engineering-advanced-monte-carlo-analysis-tool>.

Le logiciel SEAMCAT fournit aussi une extension logicielle (API) qui peut être utilisée par exemple pour modéliser certaines caractéristiques de conception particulières du système, par exemple des antennes intelligentes, ou pour tenir compte de caractéristiques environnementales supplémentaires, par exemple l'incidence du relief/des obstacles. Les résultats peuvent aussi être exportés dans des fichiers extérieurs en vue du traitement des signaux avec d'autres outils (Matlab, etc.).

L'utilisation du logiciel SEAMCAT est également reconnue dans les documents suivants:

- Rapport UIT-R SM.2028-1 – Méthode de simulation de Monte Carlo pour l'utilisation en partage et les études de compatibilité entre différents services ou systèmes radioélectriques.
- Recommandation UIT-R M.1634 – Protection des systèmes du service mobile terrestre contre les brouillages par utilisation de la méthode de simulation de Monte Carlo et application au partage des fréquences.

3 EFIS

Le 31 janvier 2002, le Bureau européen des communications (ECO) a lancé un nouveau système d'information sur les fréquences baptisé EFIS. Toutes les informations sur ce système sont disponibles publiquement sur l'Internet. De plus amples précisions, notamment sur une fonction de recherche rapide, sont données à l'adresse: <http://www.efis.dk/>.

Le système EFIS est la base de données sur l'utilisation du spectre utilisée en Europe qui garantit une harmonisation des informations disponibles concernant l'utilisation du spectre en Europe. La quasi-totalité des 48 pays membres de la CEPT (y compris tous les Etats Membres de l'Union européenne) sont représentés à l'EFIS; un tableau UIT d'attribution des fréquences (Région 1) et le tableau ECA (attributions européennes communes) sont totalement intégrés dans l'EFIS.

La terminologie relative aux applications de radiocommunication de l'EFIS évolue sans cesse pour tenir compte des modifications qui interviennent dans la gestion des fréquences, par exemple l'ajout de nouvelles applications. Le Rapport ECC 180³ contient des indications, destinées aux administrations, sur l'interprétation des spécifications lorsqu'elles souhaitent modifier des informations figurant dans l'EFIS.

Avec cet outil, la CEPT entend offrir à tous ceux qui s'intéressent à l'utilisation du spectre un service utile. L'EFIS aidera également la CEPT à atteindre ses objectifs de politique générale en matière d'harmonisation et de transparence ainsi que les objectifs de politique générale de l'Union européenne énoncés dans les Décisions du Conseil et du Parlement européen sur la politique relative au spectre des fréquences radioélectriques.

³ Voir: <http://www.cept.org/ecc/deliverables>.

En 2005, la Commission européenne a chargé la CEPT d'étudier s'il était possible de faire de l'EFIS un portail européen d'information sur le spectre.

Une décision de la Commission européenne sur cette question a été publiée le 16 mai 2007. L'EFIS est l'outil à utiliser pour donner suite à cette Décision (2007/344/EC) de la Commission européenne sur l'harmonisation des informations concernant l'utilisation du spectre en Europe.

L'EFIS a également un rôle à jouer en ce qui concerne l'inventaire du spectre de l'Union européenne⁴, lequel fait partie du programme des initiatives définies dans le Programme concernant la politique relative au spectre radioélectrique de l'Union européenne (RSPP).

Les utilisateurs de l'EFIS peuvent effectuer des recherches sur l'utilisation du spectre dans les pays européens, faire des comparaisons et avoir des informations connexes, par exemple sur les activités de la CEPT, sur les spécifications des interfaces radioélectriques conformément à la Directive R&TTE⁵ et sur d'autres règlements nationaux ou internationaux.

L'EFIS contient les types de données suivants (informations de nature réglementaire):

- attributions (terminologie du RR de l'UIT);
- applications (terminologie européenne sur les applications de radiocommunication);
- informations sur les interfaces radioélectriques nationales;
- documents (modalités applicables pour l'application et gamme(s) de fréquences applicables);
- octroi de licences/droits d'utilisation du spectre.

Les informations sur la gestion du spectre occupent plus de place dans l'EFIS puisque, début 2012, il y a une section sur les «aspects non réglementaires».

Des informations très diverses sont disponibles dans l'EFIS, essentiellement sous forme de documents qui sont reliés au Tableau européen d'attribution des fréquences et des applications (Tableau ECA ou tout simplement ECA); parmi ces documents, on peut citer les résumés des questionnaires de la CEPT à des fins spécialisées d'inventaire du spectre, les Rapports ECC (étude de compatibilité par exemple) et d'autres informations utiles sur l'utilisation actuelle et future du spectre, par exemple le Rapport ECO 03 donnant des informations sur l'octroi de licences pour les systèmes mobiles publics ou la Recommandation ERC 70-3 sur les dispositifs à courte portée (qui comprend des informations sur l'état d'avancement de la mise en oeuvre au niveau national pour chaque entrée réglementaire).

Les informations sur l'inventaire du spectre comprennent les éléments suivants:

- Informations utiles sur l'utilisation actuelle d'une ou de plusieurs bandes de fréquences ou sur leur utilisation future attendue.
- Documents de référence système de l'ETSI qui contiennent des informations sur le marché, par exemple l'utilisation existante du spectre, les règlements en vigueur, les projections concernant l'utilisation du spectre ainsi qu'une proposition relative à l'utilisation future du spectre et des dispositions réglementaires.
- UE: informations utiles/décisions de la CE/rapports établis par la CEPT à l'intention de la Commission européenne.
- Au niveau national: les administrations des différents pays disposent d'informations supplémentaires de nature non réglementaire sur l'évolution possible de l'utilisation du spectre dans leur pays; elles peuvent télécharger des documents sous cette rubrique.
- Tiers: documents contenant des informations utiles fournies par la CEPT/Mémorandum d'accord CEE/partenaires LoU.

⁴ L'inventaire des radiofréquences de l'UE vise à identifier les bandes de fréquences dans lesquelles l'efficacité de l'utilisation actuelle du spectre peut être améliorée.

⁵ Cette Directive (1999/5/EC) sera remplacée en 2014 par la Directive sur les radiocommunications.

Les Administrations des pays de la CEPT téléchargent leurs données directement dans l'EFIS. Elles peuvent utiliser une interface automatisée entre leurs outils nationaux de gestion du spectre et l'EFIS en utilisant des fichiers XML.

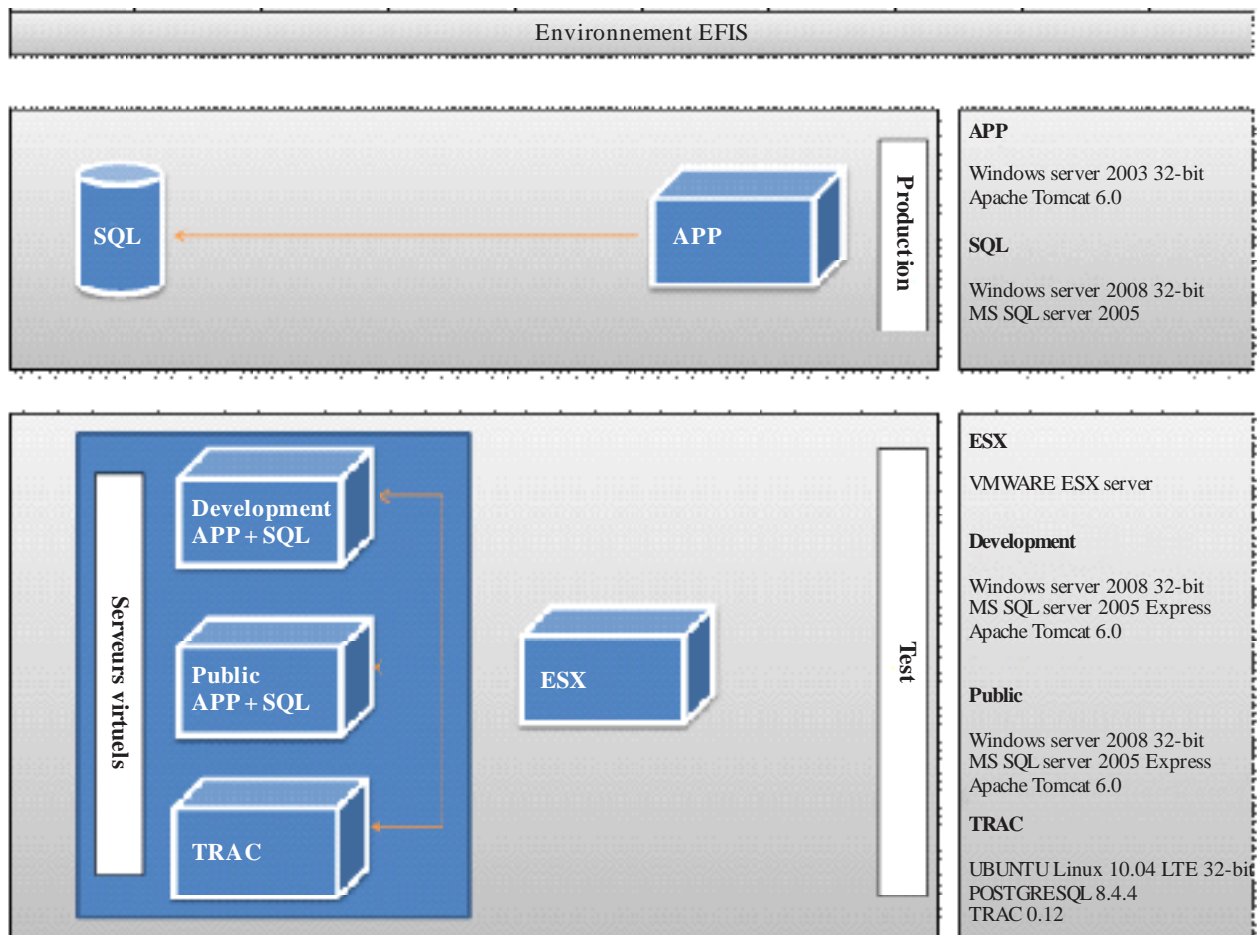
Très schématiquement, l'EFIS comprend une base de données et un serveur web, avec des applications logicielles permettant une interaction entre la base de données (base de données SQL) et le serveur web. Le système est fondé sur des normes de premier plan pour chaque zone particulière.

L'environnement complet de l'EFIS se compose d'un système de production et d'un système de test avec deux serveurs virtuels: un utilisé par l'ECO à des fins de tests et l'autre destiné aux administrations (par exemple pour tester de nouvelles applications logicielles/de nouveaux systèmes avant de les utiliser concrètement dans l'EFIS).

Pour la gestion des projets, on utilise un système de suivi «Trac» des erreurs/problèmes.

Des précisions sur l'EFIS sont données dans la Figure 7.26 ci-dessous.

FIGURE 7.26
Environnement de l'EFIS



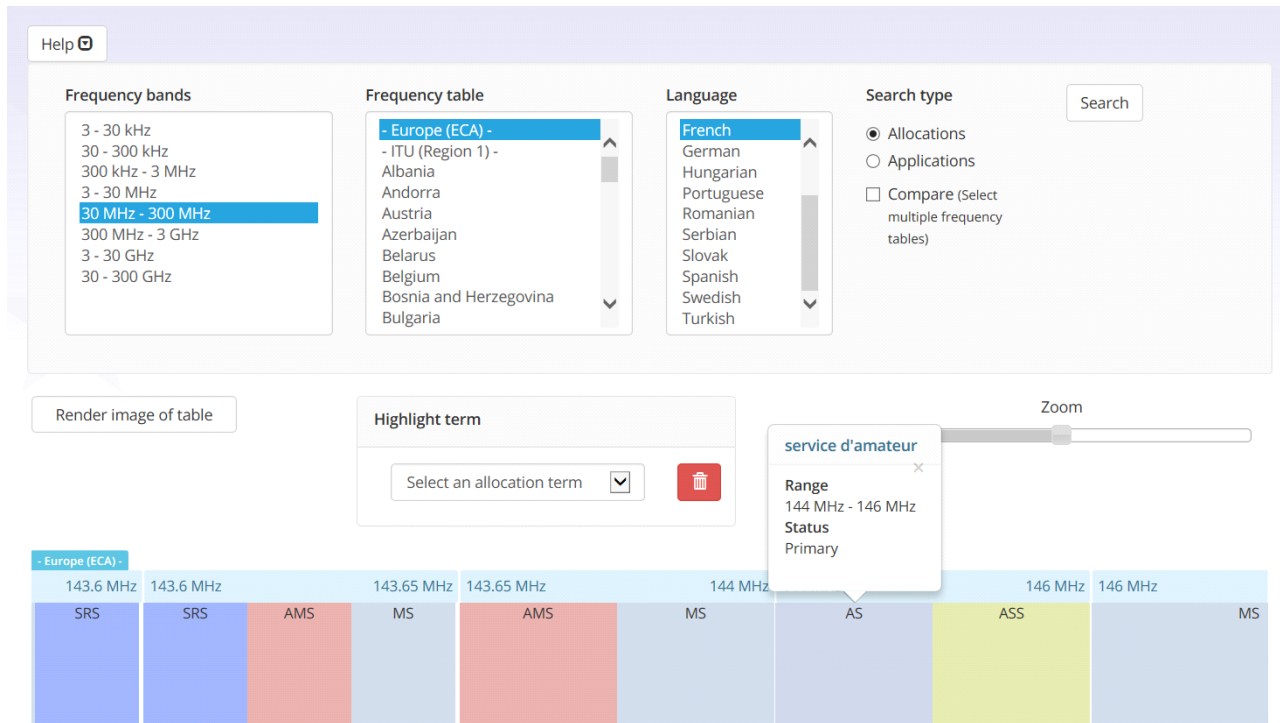
Nat Spec Man-7 26

La base de données de l'EFIS offre aussi à toutes les personnes intéressées (également en dehors de la CEPT) la possibilité d'utiliser un outil de visualisation graphique. Les informations sur les tableaux nationaux d'attribution des fréquences ainsi que sur les plans d'utilisation des fréquences peuvent être visualisées graphiquement et exportées, soit sous forme d'images statiques, soit à l'aide d'un lien qui peut être intégré par

exemple sur le site web de l'administration extérieure. Les utilisateurs ont ainsi la possibilité de consulter des informations et de comparer les informations dans la langue nationale ainsi que dans d'autres langues.

FIGURE 7.27

Exemple de visualisation graphique moderne des informations sur les tableaux d'attribution des bandes de fréquences



Bibliographie

Textes de l'UIT-R

- Rec. UIT-R SM.1370 Directives de conception pour la réalisation des systèmes de gestion automatisée du spectre
- Rec. UIT-R SM.1537 Automatisation et intégration de systèmes de contrôle du spectre avec gestion automatisée du spectre

CHAPITRE 8

**Mesures de l'utilisation du spectre et de l'efficacité
d'utilisation du spectre**

Table des matières

	<i>Page</i>	
8.1	Introduction.....	296
8.2	Première méthode de calcul de l'utilisation du spectre	296
	8.2.1 Discussion	297
8.3	Deuxième méthode de calcul de l'utilisation du spectre	299
8.4	Evaluation de l'utilisation économique du spectre	300
8.5	Applications	300
8.6	Utilisation du spectre par les systèmes à satellites.....	300
8.7	Mesure de l'efficacité d'utilisation du spectre	300
	8.7.1 Exemple de calculs de l'efficacité SUE.....	301
	8.7.2 Indice de qualité du spectre (SQI, <i>spectrum quality index</i>) – Utilisation du spectre par rapport à la demande	306
8.8	Efficacité d'utilisation du spectre dans les bandes utilisées en partage (par exemple dispositifs à courte portée).....	308
	8.8.1 Observation et définitions basées sur l'approche générale décrite dans la Recommandation UIT-R SM 1046-2	309
	8.8.2 Modification de l'approche figurant dans la Recommandation UIT-R SM. 1046-2.....	310
8.9	Rapport des efficacités SUE, ou efficacité relative d'utilisation du spectre (RSE, <i>relative spectrum efficiency</i>)	315
	8.9.1 Discussion	316
	8.9.2 Exemple de RSE pour le service mobile terrestre	317
8.10	Conclusions.....	318
	Références Bibliographiques.....	319
	Bibliographie	320

8.1 Introduction

La question de l'efficacité d'utilisation du spectre (SUE, *spectrum utilization efficiency*) est une question importante; le spectre représente en effet une ressource limitée qui a une grande importance économique et sociale car les demandes d'utilisation du spectre augmentent rapidement dans de nombreuses bandes de fréquences. Au cours des dernières années, on a vu apparaître des techniques radioélectriques perfectionnées – réutilisation des fréquences dans les systèmes cellulaires, antennes directives, méthodes modernes de modulation numérique, techniques électroniques, etc. – qui améliorent considérablement l'efficacité d'utilisation du spectre. Ces techniques nouvelles permettent de mieux satisfaire les demandes d'utilisation du spectre, qui ne font que croître. Il convient de signaler que la mesure de cette efficacité varie selon les types de systèmes ou de services. Par exemple, le calcul de l'efficacité spectrale est différent pour les systèmes du type point à point et pour les systèmes à satellites ou les systèmes mobiles terrestres. Pour cette raison, quand on compare les efficacités spectrales, il faut prendre des types de système similaires et la même bande ou canal de fréquences. On aura avantage à effectuer les comparaisons d'efficacité d'utilisation du spectre ou d'utilisation du spectre sur un même système pendant un certain temps pour voir si l'on constate une amélioration dans le domaine particulier étudié.

Il convient également de noter que l'efficacité d'utilisation du spectre est un facteur important, mais ce n'est pas le seul facteur à considérer. Pour le choix d'une technique ou d'un système, il faut aussi tenir compte du coût, de la disponibilité de l'équipement, de la compatibilité avec les équipements ou les techniques actuels, de la fiabilité et des facteurs relatifs à l'exploitation.

Pour développer ces concepts, on commencera par définir l'utilisation du spectre, c'est-à-dire la quantité de spectre radioélectrique qui est utilisée dans une situation donnée. On traitera ensuite de l'efficacité d'utilisation du spectre, qui est le quotient de la quantité de communications réalisées par la quantité de spectre utilisé. Etant donné qu'une des applications les plus importantes de l'information relative à l'efficacité d'utilisation du spectre est la comparaison des efficacités obtenues avec deux systèmes en projet, il faut définir une efficacité relative d'utilisation du spectre (RSE, *relative spectrum efficiency*). Le principal avantage du calcul direct de l'efficacité RSE est que ce calcul est plus facile car de nombreuses grandeurs difficiles à calculer peuvent s'annuler dans les équations. Des exemples de calculs portant sur des systèmes réels sont donnés ci-après.

8.2 Première méthode de calcul de l'utilisation du spectre

Un système radioélectrique fonctionne sur une fréquence donnée et avec une largeur de bande qui lui est propre, en un lieu donné et à un instant déterminé. Sur des fréquences suffisamment proches de la fréquence de fonctionnement, d'autres systèmes radioélectriques ne pourront peut-être pas fonctionner sans causer des brouillages ou sans subir des brouillages. Or, la portée de service d'un système radioélectrique n'est pas infinie; au-delà d'une certaine distance, un autre système pourra fonctionner sur la même fréquence sans causer des brouillages ou sans en subir. Au demeurant, certains systèmes radioélectriques ne sont pas en fonctionnement de façon permanente. Ils ne causeront ni ne subiront des brouillages pendant leurs périodes d'inactivité, d'où la possibilité d'utiliser le spectre pour un autre système. Un facteur temps est donc associé à l'émetteur. En plus de l'espacement géographique ou temporel, il y a plusieurs autres moyens d'éviter les brouillages.

L'utilisation du spectre peut être définie comme étant le produit de la largeur de bande par l'espace géométrique (ou géographique) et par le temps interdit aux autres utilisateurs potentiels. Comme indiqué dans la Recommandation UIT-R SM.1046, la mesure de cette utilisation est donnée par:

$$U = B \times S \times T \quad (8-1)$$

où:

U : quantité d'espace-spectre utilisé ($\text{Hz} \times \text{m}^3 \times \text{s}$)

B : largeur de la bande de fréquences (voir le Chapitre 4)

S : espace géométrique (souhaité ou interdit)

T : temps.

8.2.1 Discussion

La méthode générale pour calculer « U » consiste à partir de l'hypothèse que des émetteurs et des récepteurs supplémentaires seront ajoutés dans une bande de fréquences donnée. Compte tenu des caractéristiques techniques et opérationnelles des émetteurs et récepteurs supplémentaires, quels intervalles de temps, quelles fréquences et quels emplacements seraient interdits au nouveau système? L'utilisation du spectre peut être calculée compte tenu de l'espace-spectre que les équipements existants interdisent au nouveau système. Il est impossible de donner une réponse unique à la question de la mesure de l'utilisation sans spécifier les caractéristiques du nouveau système. L'équation (8-1) qui exprime l'utilisation du spectre est une formule théorique générale qui doit être précisée chaque fois qu'on l'applique à un cas concret. Il n'existe pas un ensemble évident de valeurs par défaut, ou même de valeurs «idéales», qui puisse être utilisé. Il peut s'avérer très difficile d'appliquer ce concept à un système donné, en partie parce que le traitement mathématique devient vite extrêmement complexe et aussi parce qu'il est nécessaire de faire un grand nombre d'hypothèses.

Emetteurs et récepteurs utilisent l'espace-spectre. Les émetteurs l'utilisent en l'interdisant à certains récepteurs (autres que le récepteur «cible»), qui seraient brouillés par l'émetteur. On donne à cet espace le nom d'«espace interdit par l'émetteur» ou, plus simplement «espace émission». Les récepteurs utilisent l'espace-spectre en interdisant l'utilisation de l'espace avoisinant à des émetteurs supplémentaires (dans l'hypothèse où le récepteur a droit à une protection contre le brouillage). Un émetteur fonctionnant dans cet espace brouillerait le fonctionnement «utile» du récepteur. On donne à cet espace le nom d'«espace interdit par le récepteur» ou, plus simplement «espace réception». On notera que des émetteurs n'interdisent pas l'utilisation de l'espace à d'autres émetteurs. La présence d'un émetteur n'empêche aucunement à un autre émetteur de fonctionner. De la même façon, des récepteurs n'interdisent pas l'utilisation de l'espace à d'autres récepteurs. Dans certains modèles d'utilisation du spectre, on calcule cette utilisation séparément pour les récepteurs et les émetteurs; dans d'autres modèles, ce calcul est collectif pour les deux types d'équipements.

La zone d'influence de chaque émetteur qui peut être décrite à l'aide des paramètres fréquence, espace et temps (éventuellement modulation) est celle dans laquelle cet émetteur a interdit à d'autres récepteurs d'utiliser les fréquences voisines (largeur de bande), les zones géographiques (espace) et le temps. Cette zone pourrait être sensiblement sphérique, ou très directive (en raison de la présence d'antennes de réception ou d'émission à faisceau étroit et à gain élevé). De la même façon, chaque récepteur est entouré par une zone dans laquelle d'autres émetteurs ne peuvent être exploités sans brouillage. La somme de ces bulles représente la quantité d'espace-spectre utilisée par le système. Le reliquat du volume géométrie-fréquence-temps demeure inutilisé et est disponible pour les émetteurs et les récepteurs du type spécifié dans le système de référence.

Par espace «réception», on entend l'espace dans lequel la présence d'un émetteur hypothétique de référence serait une cause de brouillage du récepteur. On admet que l'emplacement du récepteur est connu, de même que les autres caractéristiques du récepteur. Mais quelles devraient être les caractéristiques de l'émetteur de référence qui ne doit pas se trouver dans l'espace «interdit»? Si la bande de fréquences considérée est utilisée par un seul type de système, un choix raisonnable serait d'adopter les caractéristiques des émetteurs faisant partie de ce système. (Par «caractéristiques de l'émetteur», dans ce contexte, on entend toutes les caractéristiques du système émetteur en général: fréquence, largeur de bande, puissance, diagramme d'antenne, angle de pointage de l'antenne (le cas échéant), modulation, coefficients d'utilisation opérationnels, etc. Certaines de ces caractéristiques entreraient dans la spécification du terme largeur de bande « B », d'autres dans celle du terme espace « S », d'autres encore dans celle du terme temps « T »).

Une analyse peut être réalisée pour déterminer s'il reste, dans une bande donnée, une portion de spectre inutilisée. Différents modèles techniques pourraient être utilisés, par exemple un modèle moins traditionnel: l'antenne de l'émetteur de référence serait pointée dans une direction s'écartant du récepteur. Une analyse ayant pour but de déterminer la portion de spectre qui pourrait être utilisée sans le moindre effort technique utiliserait le modèle le plus traditionnel possible (antenne pointée sur le récepteur). Par exemple, s'il s'agit de trouver la quantité d'espace-spectre restante pouvant servir au partage avec un système de communications personnelles (PCS, *personal communications system*) en projet, on utilisera les caractéristiques du système PCS pour le récepteur et l'émetteur de référence.

Il n'y a pas de réponse simple à la question de savoir quelle est la quantité de spectre utilisée. Cette quantité dépend des besoins pour les utilisations existantes et de la difficulté plus ou moins grande à trouver le moyen d'introduire la nouvelle utilisation.

Calcul détaillé

L'équation (8-1) montre que le calcul de l'utilisation se fait dans trois dimensions: fréquence, espace géométrique et temps. Ces dimensions donnent une idée des types de facteurs à prendre en compte. Elles ne limitent pas l'étude d'autres facteurs et ne suggèrent pas qu'il existe une ligne de démarcation nette entre les facteurs.

Espace fréquence

Ce facteur renferme les effets des éléments suivants: filtres passe-bande FI, modulation de l'émetteur et largeur de bande occupée, règles relatives à l'affaiblissement hors fréquence, traitement du signal et modulations orthogonales, rapports (S/I) admissibles, etc. A cela s'ajoutent les rayonnements harmoniques et autres rayonnements non essentiels. En résumé, on inclura dans cette rubrique tous les facteurs dont dépend la partie de la réponse du système radioélectrique qui dépend de la fréquence.

Espace géométrique

Ce facteur doit contenir tous les éléments liés à l'espace géométrique, ce qui inclut l'emplacement physique des composantes du système ainsi que les angles de pointage et les diagrammes d'antenne de l'émetteur et du récepteur. L'espace géométrique est toujours un volume, mais dans certains cas on s'intéresse à moins de trois dimensions. Par exemple, l'espace géométrique des systèmes à satellites peut être le volume conique éclairé par un faisceau à couverture mondiale ou un faisceau ponctuel; ou dans le cas d'un système à trois dimensions desservant un immeuble, dont les besoins de fréquences sont déterminés par la distance verticale de réutilisation. Un autre exemple est la surface pour les systèmes de Terre, par exemple les systèmes mobiles terrestres et certains systèmes du type point à point. Ce peut être aussi un secteur angulaire autour d'un point (par exemple, autour d'antennes très directives). Le phénomène de suppression de polarisation d'antenne doit être englobé dans les caractéristiques des antennes.

Le facteur espace géométrique sera influencé par les modèles de propagation servant à calculer l'affaiblissement que subit le signal à mesure que l'onde radioélectrique se déplace dans cet espace. Pour les modèles les plus complexes, on pourra être amené à introduire des bases de données topographiques ou climatologiques dans la modélisation de la propagation.

Temps

La dernière dimension à considérer est le temps. Cette dimension inclut tous les facteurs liés au coefficient d'utilisation; elle est importante pour les radars ou les systèmes ayant un coefficient d'utilisation connu analogue. Il est commode de considérer une antenne radar rotative comme une antenne ayant une réponse temporelle intermittente bien que, la rotation de l'antenne et une antenne à faisceau étroit fassent partie des facteurs géométriques. Le coefficient d'utilisation d'une modulation radar à impulsions ou un signal d'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) peuvent être considérés comme des facteurs temps ou figurer parmi les facteurs fréquence au titre du rapport de protection S/I admissible.

Le facteur temps dans un système de radiodiffusion devant fonctionner en permanence serait de «un». Si le temps est pris en considération, les possibilités d'amélioration de l'efficacité sont grandes.

Occupation du spectre

L'occupation du spectre d'un canal radioélectrique est un concept étroitement lié au facteur temps. Les données relatives à l'occupation du spectre renseignent sur le degré effectif d'utilisation des divers canaux. Un message consiste en une série d'émissions de la station de base et d'une station mobile, séparées par des interruptions (gaps) dans la transmission.

Etant donné qu'un canal pourrait être indisponible pour tout autre usager pendant toute la durée d'un tel message, l'occupation qui caractérise le niveau d'utilisation d'un canal est l'occupation de ce canal par des messages. On définit celle-ci par le pourcentage de temps, pris sur une période de contrôle donnée, pendant lequel le canal est occupé par de tels messages.

L'occupation par des messages, O_p d'un canal donné est la somme des occupations par les émissions de la station de base, O_b , et de la station mobile, O_m , et des interruptions de transmission O_g . On utilise une valeur de seuil pour faire la distinction entre les interruptions dans la transmission et les interruptions entre messages.

Les données sur l'occupation du spectre fournissent des informations utiles pour évaluer l'utilisation du spectre et l'efficacité d'un système radioélectrique.

Bases de données et modèles nécessaires

Pour calculer l'efficacité spectrale et l'utilisation du spectre, on a besoin d'une grande quantité de données, à commencer par les caractéristiques techniques et les emplacements de tous les émetteurs et récepteurs en service dans l'espace fréquence et la zone géographique considérés dans le calcul. Il faut par conséquent disposer de bases de données détaillées et tenues à jour aux fins de la gestion des fréquences. On aura besoin également d'autres informations et d'autres modèles, par exemple les modèles des signaux et des rapports S/I nécessaires pour le système de référence et les systèmes en service dans la bande considérée. Enfin, il faudra disposer de modèles de propagation proches de la réalité pour calculer l'affaiblissement de trajet du signal utile et du signal brouilleur. Suivant la précision dont on a besoin dans le modèle de propagation, des bases de données topographiques ou climatologiques pourront être nécessaires. Ces données seront requises quelle que soit la zone géographique choisie pour les calculs.

Calcul général

Le calcul de l'utilisation du spectre peut être fait pour un seul couple émetteur/récepteur, pour tout un système comprenant un grand nombre d'émetteurs et de récepteurs, ou pour la population de toute une bande de fréquences sur une zone de superficie moyenne (par exemple, une grande zone métropolitaine). Si on choisit une zone trop petite pour conduire l'analyse, les résultats risquent d'être exagérément influencés par les «effets de bord» et par une grande probabilité de ne pas être statistiquement représentatifs d'une zone plus étendue. Si, au contraire, le choix se porte sur une zone trop vaste, le temps machine nécessaire et la taille des bases de données requises risquent d'être excessifs pour permettre d'effectuer l'analyse dans de bonnes conditions pratiques. Quelle que soit la zone choisie, il importe de faire des hypothèses réalistes quant aux modèles de référence sélectionnés et d'accorder la même attention aux domaines réception et aux domaines émission.

Dans le contexte considéré ici, l'utilisation du spectre est définie par un nombre unique qui représente la quantité d'espace-spectre utilisée dans la totalité du domaine considéré. Le total résultera d'une somme de «réponses» représentant un certain nombre de points dans une grille; il pourrait donc être utile de tracer des cartes de contours ou des graphes de distribution cumulative donnant ces résultats intermédiaires. Comme exemples de ces résultats, on peut citer le pourcentage de fréquences utilisées (interdites) ou inutilisées (disponibles pour le système de référence) en chaque point de la grille. Ces tracés graphiques des résultats intermédiaires peuvent être utiles pour repérer les zones géographiques et les parties de la bande de fréquences qui sont encombrées, ce qui permettra d'accorder une attention particulière à la résolution des problèmes dans ces zones. Avec d'autres types de services, on pourra être amené à spécifier des résultats intermédiaires particuliers qui permettront d'obtenir des précisions sur l'utilisation de la bande de fréquences considérée.

8.3 Deuxième méthode de calcul de l'utilisation du spectre

Il est également possible d'évaluer l'utilisation du spectre selon une autre méthode qui, pour l'essentiel, est une extension logique de la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R SM.1599. Elle repose sur une procédure visant à réaménager les fréquences d'exploitation des stations de radiocommunication [Kovtunova et autres, 1999] et fait intervenir l'indicateur d'utilisation du spectre donné par l'équation $Z = \Delta F / \Delta F_0$, où ΔF est la bande de fréquences minimale nécessaire pour que les installations en question puissent fonctionner et ΔF_0 est la bande de fréquences analysée dans laquelle sont situées les fréquences de fonctionnement effectives des stations de radiocommunication en service. Les calculs sont basés sur la détermination de ΔF que l'on obtient en résolvant le problème du «vendeur itinérant» selon la méthode du «voisin le plus proche». L'algorithme de réaménagement optimal (ou quasi optimal) des fréquences permettra d'obtenir la limite inférieure d'utilisation du spectre. Pour avoir des valeurs effectives on calcule ΔF selon une procédure distincte qui permet de choisir l'algorithme de réaménagement des fréquences adapté aux données sur les assignations de fréquence figurant dans le registre national des fréquences [Zolotov et autres, 2001]. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de comparer différentes bandes de fréquences même si elles sont utilisées par des stations de radiocommunication de différents services et sans que des ressources spécifiques ne soient nécessaires.

8.4 Evaluation de l'utilisation économique du spectre

Le facteur économique est un élément important de l'utilisation efficace du spectre. Indépendamment des caractéristiques techniques des stations de radiocommunication, l'utilisation économique du spectre est déterminée par le degré d'adéquation entre la méthode utilisée par l'autorité responsable de la planification (ou de la coordination) pour assigner des fréquences aux systèmes opérationnels et la méthode optimale (ou quasi optimale). Il est donc possible de déterminer si le spectre est utilisé dans de bonnes conditions d'économie (ou l'efficacité des fréquences mises en œuvre) à partir du rapport $\eta = Z_{opt}/Z_{real}$, où Z_{opt} est le facteur d'utilisation du spectre pour les systèmes opérationnels que l'on obtiendrait si les fréquences de ces systèmes étaient assignées conformément à l'algorithme optimal (ou quasi optimal) et Z_{real} est le facteur d'utilisation du spectre pour ces systèmes compte tenu des assignations de fréquence effectives. Les valeurs de Z_{opt} et Z_{real} peuvent être calculées selon la première (voir le § 8.2 et la Recommandation UIT-R SM.1599), ou la deuxième méthode (voir le § 8.3).

8.5 Applications

Les administrations peuvent utiliser les mesures d'utilisation du spectre de plusieurs manières [Haines, 1989]. On citera les suivantes:

- des cartes d'utilisation du spectre peuvent montrer les zones d'encombrement du spectre, où des normes restrictives et une coordination intense s'imposent pour assurer une utilisation efficace du spectre;
- des comparaisons quantitatives de l'intensité d'utilisation de différentes bandes dans chaque région géographique qui peuvent faciliter la planification du spectre pour l'attribution de fréquences à des services bien précis;
- des calculs périodiques de l'utilisation du spectre dans chaque bande peuvent faire apparaître des tendances utiles pour la planification stratégique.

8.6 Utilisation du spectre par les systèmes à satellites

On trouvera une étude sur l'utilisation de la ressource orbite-spectre dans la section 2.3 du Manuel de l'UIT-R sur les télécommunications par satellite (service fixe par satellite) (Genève, 2002).

8.7 Mesure de l'efficacité d'utilisation du spectre

L'efficacité d'utilisation du spectre se définit comme le rapport du volume d'information transféré à la quantité de spectre utilisée:

$$SUE = M/U = M/(B \times S \times T) \quad (8-2)$$

où:

M : volume d'information transféré

U : quantité de spectre utilisée = espace spectre utilisé (voir l'équation (8-1)).

L'utilisation du spectre a pour but de transférer de l'information; l'efficacité d'utilisation du spectre constitue par conséquent une mesure technique indiquant à quel point on utilise le spectre efficacement. La formule qui exprime cette efficacité est une formule générale qui doit être complétée par de nombreux paramètres avant de pouvoir être appliquée à un problème particulier.

Pour certains systèmes il est facile de quantifier le volume d'information transféré, M , en bauds ou en unités de Moctets/s. Cette opération n'est pas nécessairement simple car il est difficile de caractériser le débit d'information dans un canal analogique dans le cas d'un radar ou d'un système d'alarme contre les inondations. La quantité d'information transférée est-elle la même quand un avion est absent d'un écran de radar et quand il est présent? Quelle quantité d'information le système d'alarme transmet-il quand il n'y a pas d'inondation? Ces questions montrent qu'il est difficile d'attribuer une valeur numérique au volume d'information transféré.

D'après les principes de la théorie de l'information [Gallager, 1968], la relation suivante exprime la capacité de communication, C_0 , (ou le volume d'information transféré) d'un canal de communication sur lequel un abonné ou un auditeur reçoit une communication «utile»:

$$C_0 = F_0 \ln(1 + p_0) \quad (8-3a)$$

Dans cette formule, F_0 est la largeur de bande de la communication utile et p_0 désigne le rapport S/N à la sortie du récepteur.

Supposons que le rapport S/N à l'entrée du récepteur soit égal au rapport de protection p_s , et posons: F_m = largeur de bande de la voie de communication sur laquelle les signaux sont émis; alors, comme indiqué dans la Recommandation UIT-R SM.1046, la capacité C_p de communication est donnée par:

$$C_p = F_m \ln(1 + p_s) \quad (8-3b)$$

Un autre procédé, peut-être plus simple, consiste à exprimer cette capacité par un nombre d'unités de trafic (Erlangs, par exemple), de voies téléphoniques, de canaux de télévision ou de canaux radar par unité de spectre utilisée.

Par ailleurs, la mesure de l'efficacité d'utilisation du spectre présente de grandes différences selon les types de système ou de service. Par exemple, l'espace-spectre S dans l'équation (8-1) a des significations extrêmement différentes pour un système point à point, un système à satellites et un système mobile terrestre. La comparaison entre les efficacités SUE de systèmes différents est sans la moindre signification parce que le cadre de référence n'est pas le même. Il est possible d'adapter l'équation (8-1) pour l'adapter à tel ou tel type de système, moyennant quoi on pourra l'utiliser pour des comparaisons à l'intérieur de ce type de système.

8.7.1 Exemple de calculs de l'efficacité SUE

8.7.1.1 Systèmes de radiocommunication cellulaires et picocellulaires

Les systèmes cellulaires sont capables d'écouler un volume global de trafic d'autant plus grand que leurs cellules sont plus petites. C'est au début des années 80 qu'a été introduit le concept de systèmes microcellulaires avec des cellules dont la dimension est de l'ordre de 1 km au moins. Ces systèmes ont une grande capacité globale d'écoulement du trafic et sont utilisés pour l'acheminement des communications personnelles urbaines à l'extérieur des bâtiments.

Il y a aussi des besoins pour les communications personnelles à l'intérieur des bâtiments. Vu la zone de couverture plus restreinte et les besoins de puissance plus modestes, les systèmes en intérieur peuvent être encore plus petits que les systèmes microcellulaires. Dans ces systèmes, le diamètre des cellules peut être de l'ordre de quelques dizaines de mètres et la capacité globale est très supérieure à celle des systèmes cellulaires.

En se fondant sur l'équation (8-1), on peut exprimer l'efficacité d'utilisation du spectre d'un système de radiocommunication cellulaire ou picocellulaire en fonction des Erlangs, de la largeur de bande et de la zone couverte [Haltfield, 1977]:

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Volume d'information transféré}(E)}{\text{Largeur de bande (Hz)} \times \text{zone couverte}(m^2)} \quad (8-4)$$

dans laquelle le volume d'information transféré désigne le trafic total acheminé, par le système, la largeur de bande désigne la quantité totale de spectre utilisée, et la zone couverte correspond à la zone de service totale du système.

L'unité du volume de trafic M est l'erlang «Erl» pour les systèmes à commutation de circuits (CS), telle qu'elle est utilisée dans l'équation ci-dessus. Toutefois, les systèmes de communication hertziens évoluent aujourd'hui vers des systèmes à commutation de paquets (PS). Les systèmes 2G utilisent essentiellement la commutation de circuits tandis que les systèmes 3G utilisent largement la commutation par paquets pour les services de données. Les systèmes 4G qui sont en pleine expansion utiliseront exclusivement la commutation par paquets et les systèmes 5G qui viendront après reprendront vraisemblablement cette caractéristique des systèmes 4G. L'erlang est une unité qui convient pour les systèmes à commutation de circuits mais elle introduira des erreurs importantes dans la mesure du volume de trafic pour les systèmes à commutation de paquets. L'utilisation de l'erlang repose sur l'hypothèse que toutes les données sont transmises à un débit constant dans chaque canal, de sorte que le volume total de trafic peut être calculé en comptant le nombre de canaux utilisés. Or, pour les systèmes à commutation par paquets, les données sont organisées pour pouvoir être transmises avec des débits

variables et la ressource hertzienne utilisée pour chaque type de service de données varie également. L'erlang n'est donc pas une unité qui convient pour le calcul du volume de trafic.

Le «bit» (toujours en minuscules) est l'unité de base utilisée pour les réseaux informatiques et cette même unité est largement utilisée dans les systèmes de communication hertziens pour calculer le volume de données. Ainsi, on préfère utiliser le «bit» plutôt que l'erlang dans l'équation précédente. L'équation devrait donc être la suivante.

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Débit de transmission des informations (bit/s)}}{\text{Largeur de bande (Hz)} \times \text{zone (m}^2\text{)}} \quad (8-5)$$

Ces considérations, qui s'appliquent aux systèmes cellulaires, peuvent être transposées si l'on tient compte de la demande de fréquences, de la réutilisation des fréquences, des évanouissements ainsi que d'autres conditions importantes. La méthode et les paramètres à prendre en compte pour déterminer la demande de spectre sont illustrés ci-après.

On part de l'hypothèse qu'un réseau cellulaire plan doit assurer une couverture sans trous, ce qui est illustré dans les équations (8-6) et (8-7):

$$\text{Taille du groupe} = \text{Facteur de réutilisation des fréquences} \quad (8-6)$$

Par conséquent pour un réseau plan:

$$\text{Nb requis de canaux par station de base} = \frac{\text{Nb totale de canaux de réseau radioélectrique}}{\text{Taille du groupe}} \quad (8-7)$$

Dans l'hypothèse d'un facteur de réutilisation des fréquences de X, la taille du groupe est Y.

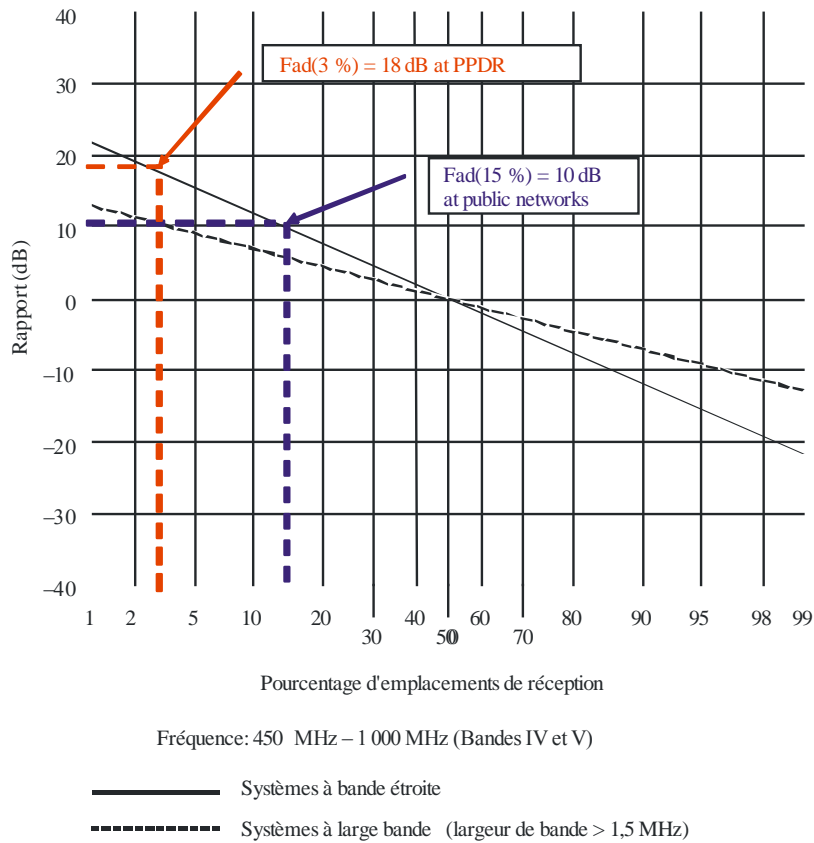
Il faut prévoir des marges pour les scénarios à forte densité d'utilisation: utilisation d'un grand nombre de dispositifs mobiles (plus grand nombre de transferts de cellules à cellules) et coordination transfrontière.

Le facteur de réutilisation des fréquences dépend essentiellement du pourcentage d'emplacements de réception (probabilité de couverture spécifiée). En d'autres termes, pour chaque emplacement, dans un rayon de diamètre donné, la probabilité de couverture mesurée doit être vérifiée et correspondre à un pourcentage donné. Par exemple, on peut utiliser un réseau cellulaire avec une probabilité de 97%.

Pour l'évaluation de ces valeurs, on a utilisé l'ancienne Recommandation UIT-R P.370-7, comme indiqué dans la Figure 8.1 (étant donné que la Recommandation UIT-R P.370-7 a été supprimée, on peut utiliser la Recommandation UIT-R P.1546 pour faire de nouvelles évaluations).

FIGURE 8.1

Rapport (dB) entre le champ pour un pourcentage donné d'emplacements de réception et le champ pour 50% des emplacements de réception



Nr 5:00 V11-8-0

Une probabilité de 97% correspond à un pourcentage d'évanouissements de 3%. Il en résulte qu'il faut prévoir une marge supplémentaire moyenne de 18 dB. La Figure 8.1 ci-dessus illustre deux exemples: celui d'un réseau cellulaire mobile public type et celui d'un réseau cellulaire plus robuste utilisé pour la protection du public et les secours en cas de catastrophe (PPDR). Compte tenu de cette marge, on part des équations suivantes:

Relation entre les évanouissements, le facteur de réutilisation des fréquences et la perte de données:

$$F = c - \gamma \cdot \log(d) \tag{8-8}$$

Calcul de l'intensité du signal reçu en fonction de la distance et selon l'affaiblissement par décade du diagramme UIT:

$$F_{car} - F_{Int} = c/i_{PPDR-System} + \sum Fad(x\%) = \gamma \cdot \log\left(\frac{d_{Int}}{d_{car}}\right) = \gamma \cdot \log(\text{facteur de réutilisation}) \tag{8-9}$$

Le facteur de réutilisation des fréquences est donné par l'équation:

$$\text{Facteur de réutilisation des fréquences} = 10^{\frac{c/i_{PPDR-System} + \sum Fad(x\%) - F_{Int}}{\gamma}} \tag{8-10}$$

$$\sum Fad(x\%) = Fad(x\%)_{car} \text{ und } Fad(x\%)_{Int} = Fad(x\%)_{user/int\ erferer} \cdot \sqrt{2} \tag{8-11}$$

Symboles utilisés dans les équations:

- F: champ
- Fcar: champ de la porteuse utile
- FInt: champ du signal brouilleur
- c: constante, inclue les données de la station de base comme la puissance à l'émission et les caractéristiques d'antenne
- γ : coefficient de propagation (voir les courbes UIT pour les ondes décimétriques, approximativement 50dB/décade de distance pouvant aller jusqu'à des valeurs de 35 dB/décade de distance; on utilise 50 dB/décade pour les calculs ci-après)
- d: distance
- Fad(x%): évanouissements (en dB); il y a une relation avec la probabilité des emplacements et par conséquent les pertes de données, exprimées en pourcentage
- Σ Fad: évanouissements, phénomène d'évanouissements uniques du signal utile et du signal brouilleur

c/I système cellulaires: critères de protection de NB/WB/BB = 9 dB (exemple).

Pour des systèmes cellulaires robustes, une probabilité de couverture spécifiée de 98%, ce qui équivaut à un pourcentage d'évanouissements de 5%.

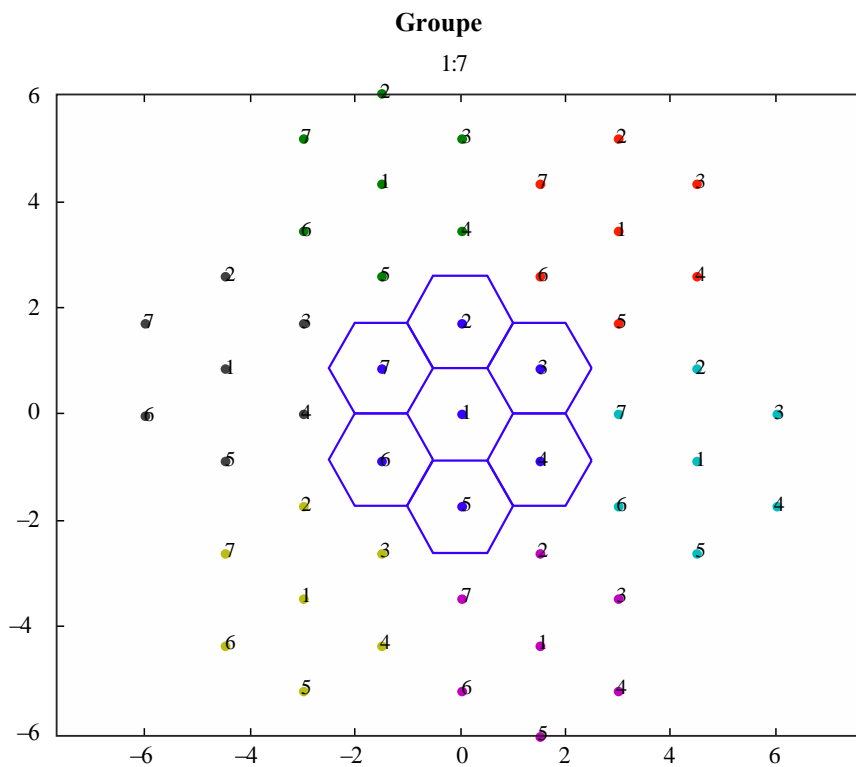
Compte tenu des équations ci-dessus, on peut calculer un facteur de réutilisation des fréquences:

Exemple: Cas 1: C/I = 9 dB; pourcentage d'évanouissements 2%, ce qui équivaut à 19 dB, $\gamma = 50$ dB, le facteur de réutilisation des fréquences est de 5,24.

SEAMCAT (outil d'analyse de Monte-Carlo, voir le Rapport UIT-R SM 2028-1 – Méthode de simulation de Monte Carlo pour l'utilisation en partage et les études de compatibilité entre différents services ou systèmes radioélectriques, et la Recommandation UIT-R M.1634 – Protection des systèmes du service mobile terrestre contre les brouillages par utilisation de la méthode de simulation de Monte Carlo et application au partage des fréquences) et/ou les calculs MCL peuvent être utilisés pour calculer la probabilité de brouillage au canal en fonction de la réutilisation des fréquences.

La Figure 8.2 illustre un schéma de base de réutilisation des fréquences utilisant sept paires de fréquences. Chacune des cellules au centre (avec hexagones) utilise une fréquence différente. La même fréquence est ensuite réutilisée dans les «groupes» voisins, de sorte que toutes les cellules ayant le même numéro utilisent la même fréquence.

FIGURE 8.2



Nat.Spec.Man-8.02

Le groupement illustré ci-dessus est typique pour les systèmes GSM. Les systèmes large bande tels que les systèmes AMRC, UMTS et LTE ont en général un facteur de réutilisation des fréquences de 1.

La méthode «MCL» est basée sur l'équation suivante pour la réutilisation d'une technologie:

$$NR = 1/3 [M K A (C/I)T]^{2/\alpha} \tag{8-12}$$

Où

M: marge pour des évanouissements lents

K: facteur «géométrique»

A: charge ou activité du système

α : exposant de Hata

$(C/I)_T$: rapport de brouillage cocanal dynamique requis.

La méthode MCL est rapide mais elle est très tributaire des paramètres d'entrée. En particulier, la marge *M* peut être difficile à fixer.

Les considérations relatives à l'efficacité d'utilisation du spectre dans cette méthode sont basées sur une comparaison des résultats pour NR par rapport au taux binaire par *Hs* et au nombre de fréquences utilisées.

La méthode permet une évaluation rapide mais le choix des paramètres devrait être validé par rapport à la réalité.

8.7.1.2 Systèmes de radiodiffusion et systèmes de communications mobiles terrestres

La variable vectorielle est un indicateur utile de l'efficacité SUE par ces systèmes.

$$\vec{E} = f(UEF, Z)$$

où:

UEF: facteur qui donne une mesure de «l'effet utile» découlant de l'utilisation du spectre par les systèmes en question

Z: utilisation du spectre nécessaire pour obtenir cet effet utile.

La composition de ces deux facteurs pour les systèmes en question est décrite dans [Pastukh et autres, 2002].

Systèmes de radiodiffusion télévisuelle et sonore

Le facteur «effet utile» est pris comme égal au nombre moyen des canaux de télévision ou de radio pouvant être reçus par un utilisateur individuel k_{mean} . Pour une zone géographique composée de I éléments de zone élémentaires, il s'exprime comme suit:

$$UEF = k_{mean} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I n_i k_i$$

où:

n_i : nombre d'utilisateurs individuels dans le i ème élément de zone

k_i : nombre de canaux de télévision ou de radio pouvant être reçus dans le i ème élément de zone

N : nombre total d'utilisateurs individuels dans la zone géographique en question.

Systèmes de communications mobiles terrestres

L'utilité d'un système de communications mobiles réside dans le fait qu'il donne la possibilité aux utilisateurs de communiquer par radio avec d'autres utilisateurs où qu'ils se trouvent dans la zone géographique. L'effet utile peut être calculé à l'aide de la formule:

$$UEF = \left(\frac{N_{sub}}{N} \right) \left(\frac{S_{serv}}{S} \right)$$

où:

N et S : nombre d'utilisateurs individuels habitant dans la zone géographique considérée et dimensions de cette zone géographique, respectivement

N_{sub} : nombre d'utilisateurs (abonnés) des systèmes de communications mobiles

S_{serv} : zone de service couverte par ces systèmes.

D'autres informations concernant l'application de cette méthode aux systèmes de radiodiffusion et aux systèmes mobiles terrestres sont présentées dans [Pastukh et autres, 2002].

8.7.2 Indice de qualité du spectre (SQI, *spectrum quality index*) – Utilisation du spectre par rapport à la demande

L'efficacité d'utilisation du spectre peut aussi être calculée sur la base de l'occupation effective des canaux ou du trafic effectivement écoulé par le système. On obtient ainsi une mesure directe du volume d'information transféré. L'indice SQI fournit une mesure de l'efficacité SUE d'un système ou d'un service radioélectrique pour une bande de fréquences donnée et dans une zone donnée, compte tenu du spectre occupé, de la valeur du spectre et du spectre refusé (interdit).

8.7.2.1 Mesure de la qualité du spectre

Facteur Γ , valeur du spectre

Dans un service donné, la demande de fréquences du spectre radioélectrique n'est pas la même partout dans une même zone géographique. Dans le service mobile terrestre, par exemple, la demande se concentre dans les zones urbaines et la demande la plus forte s'observe au cœur des grandes métropoles. En conséquence, le spectre est une ressource plus précieuse dans les régions où la demande est élevée que dans les régions où elle

est faible. Le spectre n'a aucune valeur dans une zone où l'on n'en a pas besoin. Le refus d'accès à certaines parties du spectre pose un problème plus grave dans les régions où le spectre est très demandé que dans les régions inhabitées.

Il ne sera pas possible de connaître la demande réelle de certaines parties du spectre dans les zones urbaines. Le service qu'offrirait la partie du spectre en question ne fera peut-être pas l'objet d'une demande de licence car l'utilisateur potentiel sait que la bande est saturée ou qu'il y a des restrictions d'ordre réglementaire. Toutefois, on pourrait prendre comme première approximation le nombre d'unités de spectre occupées par rapport à la demande relative dans une zone.

Pour comprendre le facteur Γ , valeur du spectre, considérons une région géographique d'un volume V . Divisons V en cubes de dimensions égales. La demande diffère dans chaque cube et correspond au nombre d'unités de spectre occupées dans chaque cube (produit du temps, de la largeur de bande et de l'espace). Plus la demande est forte dans un cube, plus le facteur «valeur du spectre» est élevé. Cette grandeur peut être représentée mathématiquement par Γ . Sa valeur numérique est comprise entre 0,0 et 1,0, le chiffre le plus élevé correspondant à la valeur du spectre la plus élevée. Mathématiquement, le facteur «valeur du spectre» du cube $\Gamma(n)$ est directement proportionnel au nombre d'unités de spectre $\beta_r(n)$ demandées dans le cube. Par conséquent:

$$\Gamma(n) = \beta_r(n) / \beta_{total}$$

où:

β_{total} : somme des demandes dans le volume V .

Indice de qualité du spectre (SQI)

L'indice de qualité du spectre est une mesure relative permettant de comparer l'efficacité d'utilisation du spectre par un même service. En conséquence, il est donné par la relation:

$$SQI = \frac{\text{Ensemble du spectre occupé pondéré}}{\text{Ensemble du spectre (occupé + refusé) pondéré}} \quad \text{ou} \quad (8-13)$$

$$SQI = \frac{\sum \Gamma(n) \beta_r(n)}{\sum \Gamma(n) \{ \beta_r(n) + D_r(n) \}}$$

où:

$D_r(n)$: nombre d'unités de spectre refusé dans le cube n en plus de celles utilisées pour les communications

$D_r(n)$: «spectre refusé».

Par conséquent, l'inclusion du facteur Γ , valeur du spectre dans le calcul du SQI traduit la distribution relative de la demande d'utilisation du spectre dans la zone considérée. Ce modèle peut ainsi donner une très bonne idée de l'efficacité de la gestion du spectre pour répondre à la demande et sera utile pour évaluer l'utilisation du spectre.

Application du SQI

On peut se servir du SQI pour des mesures absolues et comparatives dans une zone et pour un service donné. On peut utiliser des mesures absolues lorsque tous les paramètres du système sont connus.

On peut comparer par différentes mesures, pour un service donné, différentes méthodes ou techniques comme l'étalement du spectre par rapport à l'AMRF/MF, la modulation numérique par rapport à la modulation analogique, etc. On ne peut pas utiliser le SQI pour comparer une technique utilisée dans différents services car les modèles pour les deux services peuvent être différents.

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur la qualité du spectre. Ils se classent comme suit:

- caractéristiques de propagation;
- distribution de la demande;
- technologie disponible;

– exigences de qualité (qualité d'écoulement du trafic).

8.8 Efficacité d'utilisation du spectre dans les bandes utilisées en partage (par exemple dispositifs à courte portée)

Les considérations qui suivent sont particulièrement importantes pour le partage des bandes de fréquences entre les dispositifs à courte portée et les applications de services de radiocommunication bénéficiant d'attributions, les applications des dispositifs à courte portée étant toujours utilisées sur une base non protégée. Premièrement, il est important de faire la distinction entre occupation du spectre et efficacité d'utilisation du spectre. La valeur d'une bande particulière du spectre tient à l'utilité qu'elle apporte aux utilisateurs ce qui n'est pas nécessairement la même chose que le trafic de données. Il faut faire une distinction entre les notions d'efficacité d'utilisation du spectre absolue d'un seul système (SAE), qui est basée sur les données brutes transmises et l'efficacité d'utilisation du spectre d'un groupe de systèmes (GSE) qui elle est plus proche de l'utilité au sens large ou du service fourni. Les gains d'efficacité d'utilisation du spectre peuvent être définis en termes de GSE dans un environnement où des dispositifs de nature différente et de nature similaire sont présents.

Si l'on adopte l'approche définie dans la Recommandation UIT-R SM.1046-2, l'utilisation du spectre est définie comme étant le produit de la largeur de bande de fréquences, de l'espace géométrique (géographique) et du temps refusé à d'autres utilisateurs potentiels:

$$U = B \cdot S \cdot T$$

où:

- B*: largeur de bande de la fréquence
- S*: espace géométrique (habituellement une zone)
- T*: temps.

Il est à noter que *T* n'est pas égal au temps de transmission du dispositif mais aux restrictions temporelles qu'un dispositif impose à tous les autres utilisateurs. Il en va de même pour la largeur de bande de fréquences et l'espace géométrique. Etant donné que toutes les techniques de limitation des brouillages imposent des restrictions à un ou plusieurs des trois paramètres *B*, *S* ou *T* pour que d'autres puissent utiliser le spectre, une technique de limitation des brouillages peut donc être considérée comme une technique de limitation de l'utilisation du spectre.

Une technique de limitation des brouillages peut être primitive, c'est-à-dire qu'elle restreint l'utilisation du spectre d'une quantité fixe et de manière fixe. Elle peut être aussi plus évoluée et inclure une forme de sensibilité, induisant ainsi une sorte de «comportement social» dynamique souvent appelé protocole de politesse.

Lorsqu'un ensemble plus complexe conjuguant sensibilité et comportement social est prescrit pour un groupe de dispositifs, on peut parler pour une telle technique de limitation des brouillages de «mécanisme d'accès au spectre» à ne pas confondre avec une «méthode d'accès au spectre» qui se contente de décrire le comportement d'un dispositif unique. Le comportement social peut impliquer des changements dynamiques de fréquence nominale, de puissance ou de synchronisation ou bien encore de quantité d'espace fréquentiel, d'espace géométrique ou d'espace temporel utilisé.

Par exemple, la technique LBT (écouter avant d'émettre) réaménage la transmission dans le temps plutôt que de l'arrêter; la technique AFA (agilité en fréquence) repositionne la transmission en fréquence plutôt que de l'arrêter.

Si l'on applique ceci à la définition de l'efficacité d'utilisation du spectre (SUE) exprimée par l'équation complexe suivante:

$$SUE = \{M, U\} = \{M, B \cdot S \cdot T\}$$

où:

- M*: effet utile obtenu à l'aide du système de communication considérée (la définition de cet effet utile et du ressort de l'utilisateur, du régulateur ou de l'équipementier)

U : facteur d'utilisation du spectre pour le système considéré.

L'expérience acquise montre que certaines techniques d'accès au spectre ou de limitation des brouillages sont intrinsèquement «inefficaces» car elles limitent l'utilisation de cette ressource alors que du spectre inutilisé reste disponible; certaines techniques ne le sont pas car elles autorisent l'utilisation de l'ensemble du spectre inutilisé disponible. Il peut y avoir des raisons légitimes d'utiliser telle ou telle technique mais cela ne fait aucune différence pour les calculs proprement dits. Il ne s'agit pas non plus de classer certaines méthodes comme étant meilleures que d'autres.

Au vu de ces équations de base, on pourrait avoir le sentiment que, pour un système particulier, tous les paramètres de l'équation relative à l'utilisation sont interchangeable. Ce n'est pas toujours le cas, la relation entre B , S et T n'est pas toujours linéaire et, même si les paramètres sont échangeables, il y a d'autres contraintes liées, par exemple, aux paramètres physiques du récepteur.

Toutefois, une telle approche offre un environnement plus souple pour le déploiement des dispositifs à courte portée que l'approche actuelle qui consiste à donner à chaque application son propre espace fréquentiel réservé.

La Recommandation UIT-R SM.1046-2 indique que les calculs de U et de SUE ne devraient être utilisés que pour comparer des systèmes similaires. Il est donc difficile d'appliquer ce concept directement aux bandes attribuées aux dispositifs à courte portée, dans le cas où différentes applications très diverses utilisent le même spectre en partage. Le passage à une neutralité du point de vue des applications dans la réglementation du spectre (par exemple pour encourager l'innovation) rendra encore plus difficile l'application des procédures prévues dans la Recommandation UIT-R SM.1046-2. La CEPT a examiné ces problèmes dans le Rapport EEC 181 en 2012.

8.8.1 Observation et définitions basées sur l'approche générale décrite dans la Recommandation UIT-R SM.1046-2

L'efficacité d'utilisation du spectre peut être décrite de diverses manières mais on s'accorde à reconnaître que, pour qu'un système utilise efficacement le spectre, certaines informations utiles doivent être harmonisées. Ces informations peuvent être très diverses. Un émetteur de fréquences étalon ou de signaux horaires n'envoie son identification qu'à intervalles réguliers et un émetteur de radiodiffusion sonore envoie ses informations pendant 100% du temps mais les deux peuvent être considérés comme utilisant efficacement le spectre. Pour les dispositifs à courte portée qui habituellement sont exploitées en groupe, la situation est un peu plus complexe. Les définitions suivantes d'une utilisation efficace du spectre sont basées sur différents scénarios identifiables courants.

Efficacité absolue d'un système unique (SAE)

Il s'agit de l'efficacité d'un système unique en espace libre dans des conditions idéales:

$$SAE = SUE$$

Elle est difficile à mesurer car l'efficacité dépend de la perception qu'en a une personne, un utilisateur ou un fabricant et de la définition qu'il en donne. Les exigences propres à l'application font que l'utilisation du spectre est rapportée à la quantité d'informations utiles à transmettre. Par exemple, une redondance ou un faible temps de latence sont nécessaires pour des applications pour lesquelles la sécurité est un paramètre essentiel; en d'autres termes, l'application doit utiliser le spectre plus que nécessaire ou doit imposer des restrictions à d'autres utilisateurs. On pourrait dire que les deux scénarios sont efficaces du point de vue de l'utilisation du spectre pour ce qui est de cette application particulière et telle qu'elle est perçue par cet utilisateur particulier/cette application particulière mais ce n'est pas nécessairement le cas pour d'autres dispositifs/applications.

Efficacité relative d'un système unique (SRE)

Cette efficacité est facile à définir et même à mesurer:

$$SRE = SUE_i / SUE_{ref}$$

Lorsque, par exemple, deux émetteurs retransmettent exactement les mêmes informations au même nombre de récepteurs avec la même qualité de service en utilisant différents schémas de modulation, différentes

largeurs de bande ou différents niveaux de puissance, l'efficacité relative peut être calculée à l'aide de l'équation d'utilisation du spectre.

Ce type de calcul et de mesure de l'efficacité est facile mais pas très utile car on suppose un environnement idéal propre et exempt de brouillage, ce qui n'est pas le cas dans des situations d'utilisation en partage du spectre (bandes attribuées aux dispositifs à courte portée).

Efficacité relative d'un système dans un groupe (SGRE)

Ce type d'efficacité découle logiquement des deux efficacités précédentes et peut être mesuré en tenant compte de la variation de certains paramètres environnementaux.

$SGRE = SUE_I(\text{condition } x)/SUE_{ref}(\text{condition } x)$ dans diverses conditions environnementales

Certains schémas de modulation sont robustes et continuent de fonctionner alors que d'autres cessent de fonctionner en cas de brouillage important ou de mauvaise propagation. Un système relativement efficace du point de vue de l'utilisation du spectre peut faire face aux brouillages tout en conservant les mêmes paramètres d'exploitation tandis qu'un système relativement inefficace du point de vue de l'utilisation du spectre cesse de fonctionner en cas de brouillage. Le débat numérique/analogique n'a plus lieu d'être par exemple pour ce type d'efficacité.

8.8.2 Modification de l'approche figurant dans la Recommandation UIT-R SM.1046-2

Efficacité de groupe d'utilisation du spectre ou de plusieurs systèmes d'un groupe (GSE)

Le calcul de ce type d'efficacité conjugue les calculs des méthodes précédentes. La contribution d'un dispositif unique à l'ensemble du groupe de dispositifs de nature différente doit être déterminée. Comment réagissent les autres dispositifs et comment est utilisé l'ensemble du spectre lorsqu'un nouveau dispositif est ajouté au groupe? L'efficacité absolue d'un dispositif unique ne peut pas être calculée ou mesurée de façon significative mais l'efficacité d'utilisation de l'ensemble de l'environnement dans lequel fonctionne le dispositif peut être analysée et apporter des éléments de réponse quant à l'efficacité d'un dispositif. Il est à noter que la vulnérabilité d'un dispositif du groupe aux brouillages et la contribution de brouillage au groupe sont prises en compte toutes les deux.

Pour chaque dispositif à courte portée, la qualité de l'information ou la qualité de service n'entre pas en ligne de compte d'un point de vue réglementaire mais la qualité de service d'un dispositif à courte portée type, si l'on tient compte de tous les dispositifs à courte portée dans un environnement particulier, pose problème.

$$GSE = SUE_{totale}/SUE_{totale \text{ après ajout d'un nouveau dispositif}}$$

La GSE semble être une façon intéressante de définir et de mesurer l'efficacité d'utilisation du spectre car la politique en ce qui concerne les dispositifs SRD est que le fonctionnement d'un dispositif particulier ne peut pas être garanti mais qu'il est possible de garantir le fonctionnement d'un dispositif moyen ou type du groupe¹. On obtient une efficacité moyenne pour le groupe considéré. Pour chaque dispositif, la SRE peut être calculée mais, si on ajoute un nouveau dispositif au groupe, la GSE peut aussi être recalculée pour chaque dispositif existant. L'environnement SRD devient dynamique, des technologies présentant une grande efficacité spectrale peuvent être réévaluées et même devenir inefficaces compte tenu des progrès technologiques. Le regroupement de certaines technologies ou de configurations de déploiement pourrait aussi contribuer à une meilleure GSE globale.

La méthode de calcul de la GSE nécessiterait toutefois de disposer d'autres éléments de mesure.

Par principe, on peut diviser de façon égale l'espace fréquentiel en termes d'utilisation du milieu. On peut ensuite diviser de façon égale le débit de données possible/disponible dans le groupe pour mesurer le comportement de ce groupe du point de vue de l'efficacité d'utilisation du spectre. Dans la pratique, ceci peut être réalisable si l'on choisit les paramètres techniques parmi un ensemble de combinaisons possibles de

¹ La pratique courante de l'CEPT/ECC et de l'ETSI consiste à étudier l'incidence qu'un nouvel utilisateur du spectre a sur les autres utilisateurs. La définition de la GSE officialise cette pratique courante.

puissance, de largeur de bande, de répartition géographique, de techniques de limitation des brouillages et de méthodes d'accès au spectre.

Si l'on veut obtenir une efficacité d'utilisation du spectre optimale, chaque paramètre doit être défini en fonction des spécifications minimales de tous les dispositifs du groupe (groupement des applications), c'est-à-dire en définissant les valeurs limites pour chaque paramètre et, par voie de conséquence, en sacrifiant quelque peu le principe de neutralité technologique.

En bref, il vaut mieux respecter les spécifications minimales que chercher à obtenir une certaine probabilité de brouillage. Il ne sera pas possible d'arriver à zéro brouillage de sorte qu'une situation d'efficacité d'utilisation du spectre idéale est toujours définie avec un chiffre de référence pour le brouillage maximal.

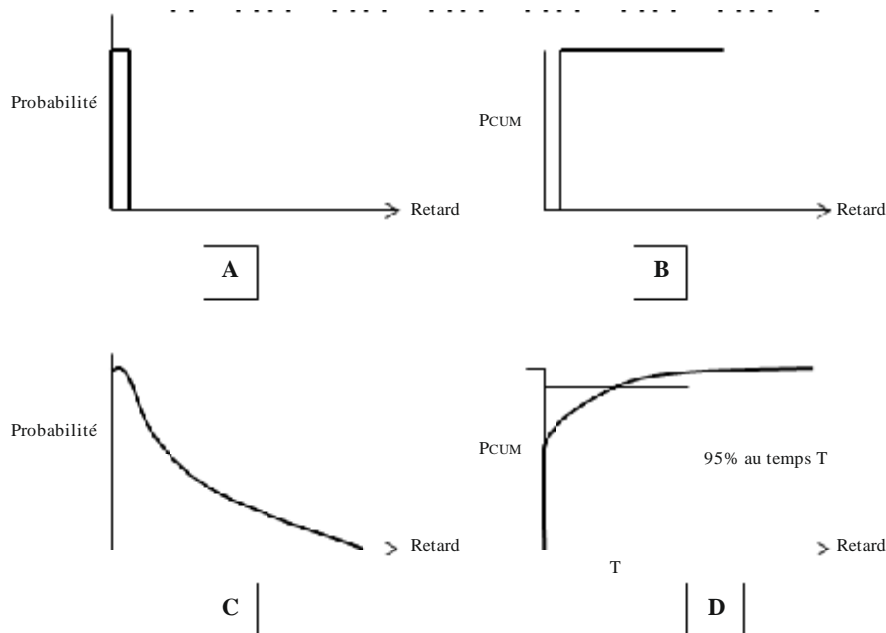
On trouvera ci-après une description du retard qui constitue l'une de ces spécifications. Chaque paramètre pertinent devrait être analysé de façon similaire.

Distribution de probabilité de retard

Le retard est le temps attendu dans un canal utilisé en partage pour qu'un message puisse être envoyé. Même si ce retard ne peut pas en règle générale est exprimé sous forme d'un simple chiffre, il peut être analysé en termes de probabilité. Dans la Figure 8.3, les graphiques A et B illustrent la situation d'un canal libre dans lequel il n'y aura aucun retard. Le graphique A est la fonction de distribution de probabilité (pdf) indiquant la probabilité pour qu'un message soit remis à un moment donné. Le graphique B correspond à la même information sous forme d'une probabilité cumulative. On obtient ainsi la probabilité pour qu'un message soit remis à un moment donné (ou plus tôt que ce moment). On calcule la probabilité cumulative en intégrant la fonction de distribution de la probabilité. La partie gauche de la courbe dans le graphique A est une fonction Delta qui est représentée de manière élargie dans un souci de clarté.

Les graphiques C et D illustrent les effets attendus en présence d'autres utilisateurs. Le graphique D «probabilité cumulative du retard» est particulièrement utile.

FIGURE 8.3

Probabilités du retard sans (A&B) et avec (C&D) utilisation en partage des canaux

Nat.Spec.Man-8.0

Lorsqu'il s'agit de mesurer des paramètres comme le temps de latence et la fiabilité, l'attente d'un utilisateur est souvent exprimée sous forme d'un pourcentage X de messages qui doivent être remis dans un temps «d», ce que montre clairement le diagramme, où X est, par exemple, égal à 90, 95% ou 99% en fonction de l'application.

Calcul de la probabilité de retard

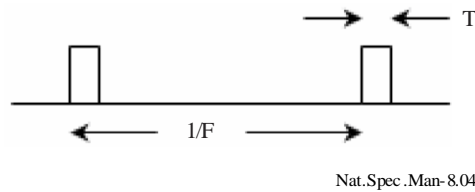
Dans certains cas, l'établissement d'un diagramme comme celui de la probabilité cumulative de retard peut nécessiter une analyse complexe. Il pourrait être possible de modéliser cette probabilité dans le cas d'un système de télécommunications géré centralement, par exemple un système AMRT (GSM) ou une ligne Ethernet, etc. Il convient de noter qu'il existe de très nombreux ouvrages dans le domaine des télécommunications et des réseaux sur lesquels on peut s'appuyer mais il faut être prudent lorsque l'on applique ces ouvrages à des systèmes hertziens. Il est toutefois très peu vraisemblable que cette probabilité puisse être modélisée sous forme d'un objectif général de déploiement de systèmes non homogènes dispersés comme des dispositifs SRD exploités dans des bandes utilisées en partage.

Dans certains cas toutefois, il est relativement simple d'établir un diagramme de la probabilité cumulative du retard.

Prenons le cas d'un utilisateur qui souhaite envoyer un message bref lorsqu'il y a déjà un autre utilisateur. L'utilisateur existant envoie des messages de durée T, comme illustré dans la Figure 8.4, à des moments aléatoires avec une fréquence moyenne de F. En d'autres termes, le coefficient d'utilisation est:

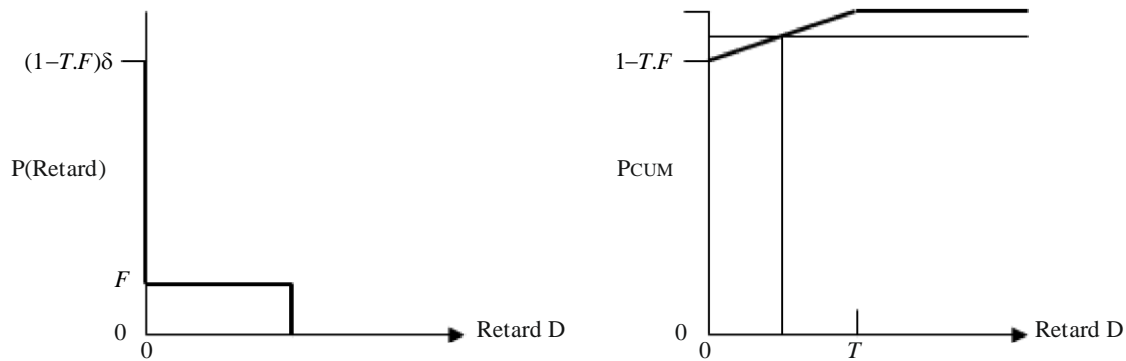
$$\tau = TF$$

FIGURE 8.4
Transmissions aléatoires de signaux concurrents



Le paramètre important est le temps d'attente, ou retard, pour que le canal soit libre. On peut déterminer la fonction de distribution de probabilité et la probabilité cumulative à l'issue d'une inspection, comme l'illustre la Figure 8.5.

FIGURE 8.5
Probabilité du retard dans le cas de signaux/utilisateurs concurrents



Supposons par exemple que les transmissions se font une fois tous les 10 secondes, c'est-à-dire que:

$$T = 1 \text{ s}, F = 0,1 \text{ Hz, et facteur d'utilisation } \tau = TF = 0,1$$

On calcule ainsi facilement les pourcentages de remise de messages pour diverses probabilités:

- 90% avec un retard $d = 0$ s
- 95% avec un retard $d = 0,5$ s
- 99% avec un retard $d = 0,9$ s
- 100% avec un retard $d = 1$ s.

Examinons ensuite le cas où le coefficient d'utilisation de l'utilisateur concurrent est toujours de 10% mais où des messages d'une durée de 10 s sont transmis toutes les 100 s.

$$T = 10 \text{ s}, F = 0,01 \text{ Hz, le coefficient d'utilisation } \tau = TF = 0,1$$

Les pourcentages de remise des messages sont alors les suivants:

- 90% avec un retard $d = 0$ s
- 95% avec un retard $d = 5$ s
- 99% avec un retard $d = 9$ s
- 100% avec un retard $d = 10$ s.

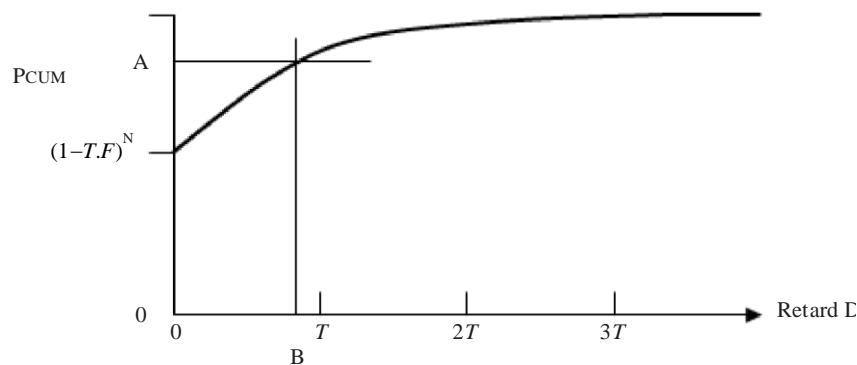
On constate alors que les retards pour une probabilité donnée de remise des messages augmentent d'un facteur de 10.

Ce résultat est important. Dans les deux cas, le coefficient d'utilisation pour les transmissions en concurrence est le même; une analyse simple basée sur la probabilité de brouillage donnera le même résultat. La probabilité cumulative de retard montre toutefois que du point de vue de l'utilisateur «victime», le dommage subi est dix fois plus grand que pour l'autre utilisateur.

Dans le cas de N brouilleurs identiques de ce type, la courbe de probabilité cumulative aura la forme indiquée dans la Figure 8.6.

FIGURE 8.6

Probabilité cumulative du retard dans un canal avec N utilisateurs concurrents



Nat.Spec.Man-8.06

L'axe horizontal est l'axe de T, durée des transmissions, et non celui du coefficient d'utilisation TF. On voit donc que dans une situation donnée, le retard B pour un taux de remise de messages donné A est directement proportionnel à la durée des transmissions bouilleuses, le coefficient d'utilisation étant maintenu constant.

Retard attendu

L'analyse ci-dessus montre la configuration générale de la probabilité de retard mais ne donne pas un résultat quantitatif sauf pour la probabilité de retard zéro.

On peut toutefois utiliser la théorie non préemptive pour établir un modèle simple. Supposons qu'un certain nombre d'utilisateurs envoient des paquets dans un canal, T étant la durée des paquets et F la fréquence générale (rythme d'envoi des paquets, somme établie sur l'ensemble des utilisateurs).

Nous pouvons partir du principe que F est égal au rythme d'arrivée des objets dans une file d'attente et que $1/T$ est le taux de libération du canal. Le retard attendu D jusqu'à ce qu'un créneau se libère est alors égal au temps d'attente attendu dans la file d'attente.

$$D = \frac{T.F}{\frac{1}{T} - F}$$

Ce modèle n'est pas parfait, par exemple avec les techniques Aloha ou LBT. Toutefois, il donne une indication utile pour le temps d'attente prévisible lorsqu'on utilise un mécanisme d'accès dans un canal utilisé en partage.

L'équation ci-dessus peut être remaniée pour montrer quelles sont les conséquences si le coefficient d'utilisation global TF est maintenu constant:

$$D = \frac{T.(T.F)}{1 - T.F}$$

Dans ce modèle, le retard attendu est donc directement proportionnel à la durée de la transmission.

Mesure du temps de latence et de la fiabilité

La méthode de mesure classique utilisée dans les études de compatibilité est la mesure de probabilité de brouillage. Dans de nombreux cas examinés plus haut, cette méthode ne convient pas car elle ne rendra pas pleinement compte du dommage subi par les divers types d'utilisateurs en termes de brouillages. En particulier, cette méthode ne tient pas directement compte de la nécessité de mesurer des paramètres comme le faible temps de latence ou la grande fiabilité des liaisons (probabilité de transmission réussie, y compris les retransmissions) pour de nombreux utilisateurs du spectre.

Il faut tenir compte du fait que le temps de latence et la fiabilité sont des paramètres qui sont liés. L'exigence de l'utilisateur peut être exprimée sous la forme d'une probabilité de réussite de X% pour un retard maximal D. Par exemple, un utilisateur pour lequel un faible temps de latence est un paramètre important pourra exiger un pourcentage de 90% pour un retard de 200 ms; un utilisateur pour lequel une grande fiabilité est un paramètre important pourra exiger un pourcentage de 99,9% pour un temps de latence de trois secondes. Dans ces conditions, la probabilité cumulative de retard et le retard attendu sont des notions utiles, même s'il peut être difficile de les quantifier concrètement.

L'analyse ci-dessus est une analyse simple d'un mécanisme complexe. On part du principe que la transmission que l'utilisateur «victime» attend de faire est de courte durée par rapport aux transmissions de l'utilisateur «brouilleur». On part aussi du principe que l'utilisateur victime a le moyen de savoir lorsqu'il lui est possible de faire la transmission. C'est le cas lorsque l'utilisateur victime utilise la méthode LBT, mais on obtiendra des résultats similaires par exemple si l'utilisateur «victime» fait des essais de transmission et attend un accusé de réception. La différence tient au risque de brouillage pour l'utilisateur existant.

Il faut aussi noter la similarité avec la théorie du trafic de télécommunication et la distribution d'Erlang (équation d'Erlang) même s'il faut être prudent car cette théorie n'est pas directement applicable. Il y a plus d'une variation de l'équation d'Erlang et il y a un certain nombre de différences à prendre en compte. La différence la plus importante entre systèmes hertziens et systèmes filaires est que tous les nœuds ne peuvent pas nécessairement s'entendre les uns les autres.

On peut donc conclure que le temps de latence et la fiabilité sont de nouveaux paramètres de mesure utiles qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse de brouillage classique, chaque fois que les systèmes hertziens et les scénarios de brouillage considérés permettent une analyse déterministe significative de ces phénomènes.

Il faut reconnaître que les paramètres techniques du signal radioélectrique et le bilan de liaison résultant ne sont pas les seuls paramètres importants. Le schéma de fonctionnement des systèmes adaptables modernes à commutation de paquets est complexe et fait intervenir non seulement la couche physique mais aussi des couches OSI de niveau supérieur pour assurer le maintien général du flux de communication. Par conséquent, dans l'idéal, les concepteurs de systèmes et les gestionnaires du spectre devraient s'efforcer de prendre en compte ces paramètres plus complexes pour déterminer et trouver l'équilibre entre les niveaux de robustesse opérationnelle des systèmes considérés.

L'un des paramètres opérationnels les plus importants pour cette catégorie est le temps de latence requis. C'est le retard maximal acceptable pour le transfert du paquet/du message et ce paramètre ne peut pas, en règle générale, être déduit du seul examen technique du bilan de la liaison utile vis-à-vis du cas de brouillage. Par conséquent, le temps de latence ainsi que d'autres paramètres/éléments de mesures similaires devront peut-être être pris en considération pour la planification du spectre dans des bandes utilisées en partage.

Une autre conclusion est que, lorsque des applications différentes sont mélangées, une analyse basée sur une simple probabilité de brouillage ne suffit pas. Par conséquent, une analyse de compatibilité dans un environnement neutre du point de vue des applications nécessitera une analyse plus approfondie des deux premières couches du modèle OSI, essentiellement dans le domaine temporel, que ce qui est fait actuellement dans des situations où les applications sont définies.

8.9 Rapport des efficacités SUE, ou efficacité relative d'utilisation du spectre (RSE, *relative spectrum efficiency*)

Comme indiqué dans les sections précédentes, les valeurs de SUE pourraient être calculées pour plusieurs systèmes différents et être comparées pour donner les efficacités RSE des systèmes, paramètre qui peut être utilisé pour analyser l'utilisation du spectre. Cependant, il faudrait procéder avec prudence pour faire cette

comparaison. L'efficacité RSE est définie comme le rapport de deux efficacités SUE, dont l'une peut être celle d'un système servant de référence à la comparaison.

Elle est donc donnée par la formule:

$$RSE = \frac{SUE}{SUE_{std}} \quad (8-14)$$

dans laquelle:

SUE_{std} : efficacité d'utilisation du spectre SUE d'un système de référence

SUE : efficacité d'utilisation du spectre SUE du système étudié.

Le système de référence pourra être le plus communément:

- le système le plus efficace en théorie (système parfait); ou
- un système facile à définir et à comprendre; ou
- un système largement utilisé (de fait un système qui est un classique de l'industrie).

L'efficacité RSE est un nombre positif compris entre 0 et l'infini. Lorsque le système de référence utilisé est le système parfait ou le système plus efficace, la valeur de l'efficacité RSE sera généralement comprise entre 0 et 1.

8.9.1 Discussion

On peut se servir de la RSE pour comparer utilement deux systèmes qui fournissent le même service, parce qu'il est possible alors de choisir les paramètres de façon compatible. Dans ce cas, le rapport de deux valeurs calculées de l'efficacité SUE peut être plus utile que les valeurs numériques des deux efficacités. Le rapport de deux SUE montrera, par exemple, qu'un Système A est deux fois plus efficace (utilisation de deux fois moins d'espace-spectre ou transmission de deux fois plus d'information) qu'un Système B.

Le calcul direct de l'efficacité relative RSE présente un grand avantage, à savoir que ce calcul est souvent beaucoup plus facile que celui des efficacités SUE. Comme les deux systèmes fournissent le même service, ils ont habituellement de nombreux facteurs (parfois même des éléments physiques) en commun. Cela signifie que beaucoup de facteurs s'annuleront dans le calcul, avant qu'il soit nécessaire de les calculer. Dans de nombreux cas, les calculs se trouvent ainsi grandement simplifiés.

Par exemple, [Bykhovsky, 1979 et Bykhovsky et Pavliouk, 1986 et 1987] ont proposé un critère fondé sur la comparaison suivante: comparaison entre la largeur de la bande de fréquences, F_c , nécessaire pour transmettre un volume donné d'information (par exemple, pour fournir un nombre donné de canaux de télécommunication ou de radiodiffusion) dans un réseau radioélectrique réel et une largeur de bande de fréquences optimale, F_{opt} , d'un système radioélectrique idéal ayant la même capacité de communication. Ce critère d'efficacité d'utilisation du spectre, M_u , est défini par l'expression: $M_u = F_{opt}/F_c$. Un tel système idéal utiliserait le spectre de la façon optimale et posséderait des caractéristiques idéales (du point de vue des émissions brouilleuses des émetteurs, des caractéristiques de réception de fréquences non fondamentales, des paramètres des antennes, etc.). Les caractéristiques de ce système radioélectrique idéal peuvent s'exprimer sur la base des équations (8-3a) et (8-3b):

$$P_s = (1 + p_0)^{F_0/F_m} - 1 \quad (8-15)$$

Il faut souligner cependant que si le facteur RSE est réduit au rapport d'un seul paramètre, il ne rendra pas toujours compte de l'intégralité de la situation. Par exemple, l'utilisation d'une modulation numérique de haut niveau dans les liaisons par faisceaux hertziens du service fixe (MAQ-256) permet de réduire considérablement la largeur de bande par rapport aux modulations de bas niveau (MAQ-16) [Hinkle et Farrar, 1989]. Une simple comparaison des largeurs de bande donnerait à penser que le système MAQ-256 est à peu près quatre fois plus efficace que le MAQ-16. Or, un examen plus poussé montre que le MAQ-256 exige des rapports S/N plus grands et est plus vulnérable au brouillage. L'exigence d'une plus grande résistance au brouillage peut annuler l'avantage d'une largeur de bande plus petite; en fait, le système MAQ-256 pourrait être moins efficace que le système MAQ-16 [Hinkle et Farrar, 1989].

On voit donc qu'il est nécessaire d'évaluer tous les facteurs devant être pris en compte pour calculer une efficacité RSE, plutôt que de s'en tenir à un seul facteur qui semble évident. Il peut être important aussi de calculer RSE pour toute une bande de fréquences, et ne pas se contenter d'une seule liaison ou d'un seul système.

8.9.2 Exemple de RSE pour le service mobile terrestre

Reprenons la définition de la RSE, dans l'équation (8-14), on considérera dans cet exemple un système de référence dans lequel on peut appliquer une stratégie d'assignation quasi optimale. Cette stratégie a été décrite en détail par [Delfour et DeCouvreur, 1989 et par Delfour et Towaij, 1991]. Une stratégie d'assignation quasi optimale (NOAS, *near optimum assignment strategy*) pourrait être mise au point pour le service mobile terrestre de type «dispatch». Dans un tel service, les utilisateurs typiques sont les taxis, les services de police, de livraison, etc. Leurs systèmes se composent de stations de base et des mobiles qui y sont rattachés et qui opèrent dans une zone de couverture spécifiée. Selon le nombre de mobiles, un service du type «dispatch» peut être amené à partager son canal avec d'autres usagers.

Sur la base de critères de brouillage agréés, la stratégie NOAS fournit le nombre maximum d'assignations de fréquence pour des emplacements déterminés à l'intérieur d'une zone géographique donnée. Cette stratégie non seulement tient compte de la répartition de la demande de trafic mais offre aussi une certaine latitude pour les emplacements d'assignation.

Les hypothèses adoptées pour ce modèle sont les suivantes:

- L'évolution future de la demande correspondra sans doute à la distribution démographique actuelle du trafic.
- Pour les besoins de l'analyse, la zone géographique considérée est représentée par une grille subdivisée en carrés égaux, dont les dimensions sont déterminées par les critères de brouillage appliqués dans la bande examinée.
- L'unité de temps utilisée est directement fonction de la charge moyenne de trafic à l'heure de pointe.
- L'unité de fréquence utilisée est la valeur de la largeur de bande d'un canal radioélectrique utilisé dans la bande évaluée.
- La demande unitaire de spectre dans un carré, $\beta_i(n)$, est directement liée à l'occupation totale $O_i(n)$ (E) dans ce carré, soit:

$$\beta_i(n) = C O_i(n) \quad (8-16)$$

- Les unités de spectre demandées dans le i ème canal du n ème carré sont approximativement:

$$\beta(n,i) = C O(n,i) \quad (8-17)$$

où:

C : constante déterminée par la taille de la grille et par la largeur de bande de canal utilisée dans la bande examinée.

- Des facteurs de charge différents peuvent être utilisés pour les services publics de sécurité et d'autres services. Des tolérances peuvent aussi être prévues dans le cas du partage de la capacité par plusieurs systèmes.

Dans ce modèle, l'équation devient:

$$RSE = \frac{\text{Occupation effective pondérée}}{\text{Occupation NOAS pondérée}}$$

8.9.2.1 Discussion

Ce modèle repose sur le concept suivant: une zone géographique donnée représente une valeur de spectre par rapport à la demande totale de trafic dans cette zone. Selon ce concept aussi, en raison de la nature tridimensionnelle du spectre (largeur de bande espace et temps du spectre) une certaine quantité de spectre sera refusée à des usagers. Cette quantité de spectre refusée est déterminée par le niveau de brouillage que le fonctionnement, à proximité du système radioélectrique, cause à d'autres systèmes radioélectriques. Dans ce

modèle, on utilise les charges de trafic moyennes des canaux pendant l'heure de pointe comme valeurs effectives de la répartition de la demande.

En se fondant sur le modèle décrit ci-dessus, on peut formuler les observations suivantes:

- 1) La qualité du spectre dépend surtout de la charge de trafic de communication dans le centre des villes. L'efficacité de la gestion du spectre peut se mesurer au nombre maximum de fréquences exemptes de brouillage disponibles dans les centres de trafic les plus chargés des grandes villes.
- 2) Pour assigner des fréquences en dehors des centres urbains à fort trafic de télécommunication, il faut veiller à éviter d'utiliser des assignations de ces centres.
- 3) Pour les bandes de fréquences nouvelles et planifiées de nouveau, la stratégie d'assignation quasi optimale est celle qui peut fournir le nombre maximum d'assignations de fréquence exemptes de brouillage pour répondre à la demande.
- 4) La stratégie NOAS peut aboutir à une plus grande qualité du spectre tout en simplifiant le processus d'assignation grâce à la présélection de fréquences exemptes de brouillage dans toute la zone considérée.

8.10 Conclusions

On a décrit ci-dessus des mesures de l'utilisation du spectre, de l'efficacité SUE et de l'efficacité RSE; ces descriptions sont la base des calculs qui permettent de comparer un système à un autre système dans un même service. Les applications de cette théorie ont été concrétisées de nombreuses manières différentes dans des cas spécifiques. Ces applications spécifiques donnent souvent des résultats intermédiaires, par exemple des indications complémentaires sur les emplacements qui sont déjà encombrés; ces indications peuvent se présenter sous la forme de contours cartographiques ou de graphes donnant les distributions cumulatives dans une zone géographique en fonction du pourcentage de fréquences disponibles pour le système de référence.

Il est proposé d'appliquer un ensemble de mesures de base. Si ces mesures sont mises en œuvre compte tenu des contraintes techniques et compte tenu des contraintes imposées par les ressources financières, on aura la possibilité d'améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre:

- 1) A l'occasion de la mise en œuvre de nouvelles installations et de la modernisation des systèmes radioélectriques, optimiser les caractéristiques des systèmes électromagnétiques dont dépend le volume fréquence-espace. Le but de cette optimisation est de réduire ce volume, d'où la possibilité de faciliter le partage des fréquences entre plusieurs services et de mettre en place des réseaux supplémentaires dans une zone donnée.
- 2) Planifier les réseaux en fonction des caractéristiques nominales des systèmes radioélectriques, notamment en réduisant les «marges» superflues des puissances d'émission, des hauteurs d'antenne, des champs électromagnétiques des signaux reçus, etc.
- 3) Utiliser, pour les services de radiocommunication et de radiodiffusion, des configurations de réseau aussi proches que possible, du point de vue théorique, de la configuration des réseaux optimaux pour ce qui est de l'efficacité d'utilisation du spectre.
- 4) Adopter des techniques de modulation et des caractéristiques d'équipements permettant d'obtenir une utilisation efficace des bandes de fréquences, afin de s'approcher le plus possible des limites potentielles d'un «système radioélectrique idéal» correspondant.
- 5) Utiliser le facteur temps avec un système approprié pour améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre.

Références Bibliographiques

- BYKHOVSKY, M. [1979] Optimalnoe chastotnoe planirovanie odnoproletnykh RRL na selskoi seti (Optimum frequency planning of single section radio-relay links in a rural network), *Electrosvyaz*, 5, p. 47 à 52.
- BYKHOVSKY, M. et PAVLIOUK, A. [1986] Effectivnost ispolzovania radioresursa v sistemah sukhoputnoi svyazi (Spectrum utilization efficiency in land mobile communication systems), Eighth International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, p. 1103 à 1111.
- BYKHOVSKY, M. et PAVLIOUK, A. [1987] Kritery effektivnosti ispolzovania radioresursa v setyah radiosvyazi i veshchaniya (Criterion for efficient spectrum use in communication and broadcasting networks), *Radiotekhnika*, 4, p. 34 à 38.
- DELFOUR, M.C. et DeCOUVREUR, G.A. [août 1989] Interference-free grids – Part I and Part II, *IEEE Trans. on Electromagn. Compati.*, Vol. 31, 3.
- DELFOUR, M.C. et TOWAII, S.J. [mai 1991] Spectrum quality indicators for the land mobile systems, IEEE Vehic. Techn. Conference, St. Louis, Missouri, Etats-Unis d'Amérique.
- GALLAGER, R.G. [1968] *Information Theory and Reliable Communication*. John Wiley and Sons, New York, Londre, Sydney, Toronto.
- HAINES, R.H. [1989] An innovative technique for quantifying and mapping spectrum use, 1989 IC&C Executive Forum, Washington, D.C, Etats-Unis d'Amérique.
- HATFIELD, D.N. [août 1977] Measures of spectral efficiency in land mobile radio, *IEEE Trans. on Electromagn. Compati.*, Vol. EMC-19, 3, p. 266 à 268.
- HINKLE, R.L. et FARRAR, A.A. [mai 1989] Spectrum-Conservation Techniques for Fixed Microwave Systems, NTIA Report TR-89-243.
- KOVTUNOVA, I.G., TSVETKOV, S.A. et YAKIMENKO, V.S. [1999] Metodika otsenki zagruzki radiochastotnogo spektra v territorialnom raione (Method of determining utilization of the radio spectrum in a geographical area), *Radiotekhnika*, 6.
- PASTUKH, S.Y., KHARITONOV, N.I., TSVETKOV, S.A. et YAKIMENKO, V.S. [2002] Upravleniye radiochastotnym spektrom i otsenka effektivnosti ego ispolzovania (Radio spectrum management and assessment of utilization efficiency) *Elektrosvyaz*, 12.
- ZOLOTOV, S.I., KOVTUNOVA, I.G., TSVETKOV, S.A. et YAKIMENKO, V.S. [2001] Metod otsenki effektivnosti sposobov naznacheniya chastot RES v territorialnom raione (Method of assessing the effectiveness of distributing radio frequencies in a geographical area), *Elektrosvyaz*, 9.

Bibliographie

DROZD, A. [2005] *A New Challenge for EMC: Policy Defined Radio*. IEEE EMC, Society Newsletter.

MAYHER, R.J., HAINES, R.H., LITTS, S.E., BERRY, L.A., HURT, G.F. et WINKLER, C.A. [1988] The SUM data base: A new measure of spectrum use, NTIA Report 88-236, US Dept. of Commerce, Washington, D. C, Etats-Unis d'Amérique.

Textes de l'UIT-R

Manuel de l'UIT-R	Télécommunications par satellite (SFS) (2002)
Manuel de l'UIT-R	Contrôle du spectre radioélectrique (2011)
Manuel de l'UIT-R	Application des techniques informatiques à la gestion du spectre radioélectrique (2015)
Manuel de l'UIT-R	DTTB – Radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre en ondes métriques et décimétriques (2002)
Rec. UIT-R F.699	Diagrammes de rayonnement de référence pour antennes de systèmes hertziens fixes à utiliser pour les études de coordination et l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 100 MHz et environ 70 GHz
Rec. UIT-R S.465	Diagramme de rayonnement de référence de station terrienne, à utiliser pour la coordination et pour l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et environ 30 GHz
Rec. UIT-R S.580	Diagrammes de rayonnement à utiliser comme objectifs de conception pour les antennes des stations terriennes fonctionnant avec des satellites géostationnaires
Rec. UIT-R S.731	Diagramme de rayonnement contrapolaire de référence de station terrienne, à utiliser pour la coordination des fréquences et pour l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et environ 30 GHz
Rec. UIT-R SM.326	Détermination et mesure de la puissance des émetteurs radioélectriques à modulation d'amplitude
Rec. UIT-R SM.328	Spectres et largeurs de bande des émissions
Rec. UIT-R SM.329	Rayonnements non désirés dans le domaine des rayonnements non essentiels
Rec. UIT-R SM.331	Bruit de fond et sensibilité des récepteurs
Rec. UIT-R SM.332	Sélectivité des récepteurs
Rec. UIT-R SM.337	Séparations en fréquence et en distance
Rec. UIT-R SM.377	Précision des mesures de fréquence dans les stations pour le contrôle international des émissions
Rec. UIT-R SM.378	Mesures de champ dans les stations de contrôle des émissions
Rec. UIT-R SM.443	Mesure de la largeur de bande dans les stations de contrôle des émissions
Rec. UIT-R SM.575	Protection des stations fixes de contrôle des émissions contre les brouillages aux fréquences radioélectriques
Rec. UIT-R SM.668	Echange électronique d'informations pour la gestion du spectre
Rec. UIT-R SM.851	Partage entre le service de radiodiffusion et les services fixe et/ou mobile dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques

Rec. UIT-R SM.852	Sensibilité des récepteurs pour les émissions de la classe F3E
Rec. UIT-R SM.853	Largeur de bande nécessaire
Rec. UIT-R SM.854	Radiogoniométrie et détermination de la localisation dans les stations de contrôle pour des signaux inférieurs à 30 MHz
Rec. UIT-R SM.855	Systèmes de télécommunication à services multiples
Rec. UIT-R SM.856	Nouvelles techniques et nouveaux systèmes économes de spectre
Rec. UIT-R SM.1009	Compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz
Rec. UIT-R SM.1045	Tolérance en fréquence des émetteurs
Rec. UIT-R SM.1046	Définitions du facteur d'utilisation du spectre et de l'efficacité d'utilisation du spectre d'un système radioélectrique
Rec. UIT-R SM.1047	Gestion nationale du spectre
Rec. UIT-R SM.1049	Méthode de gestion du spectre à utiliser pour faciliter le processus d'assignation de fréquence aux services de Terre dans les zones frontalières
Rec. UIT-R SM.1050	Missions confiées à un service de contrôle des émissions
Rec. UIT-R SM.1051	Priorité accordée à l'identification et à la suppression des brouillages préjudiciables dans la bande 406-406,1 MHz
Rec. UIT-R SM.1053	Méthodes permettant d'améliorer la précision des mesures de radiogoniométrie par stations fixes en ondes décamétriques
Rec. UIT-R SM.1054	Contrôle des émissions radioélectriques en provenance d'engins spatiaux par des stations de contrôle des émissions
Rec. UIT-R SM.1055	L'utilisation des techniques d'étalement du spectre
Rec. UIT-R SM.1056	Limitation des rayonnements provenant des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM)
Rec. UIT-R SM.1131	Facteurs à prendre en compte lors de l'attribution du spectre des fréquences radioélectriques à l'échelle mondiale
Rec. UIT-R SM.1132	Principes généraux et méthodes de partage des fréquences entre services de radiocommunication ou entre stations radioélectriques
Rec. UIT-R SM.1133	Utilisation du spectre par des services génériques
Rec. UIT-R SM.1134	Calculs des brouillages d'intermodulation dans le service mobile terrestre
Rec. UIT-R SM.1135	Codes SINPO et SINPFEMO
Rec. UIT-R SM.1138	Détermination des largeurs de bande nécessaires, exemples de calcul de la largeur de bande nécessaire et exemples connexes de désignation des émissions
Rec. UIT-R SM.1139	Système de contrôle international des émissions
Rec. UIT-R SM.1140	Procédures d'essai pour la mesure des caractéristiques des récepteurs du service de radionavigation aéronautique servant à déterminer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande des 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-118 MHz
Rec. UIT-R SM.1235	Qualité de fonctionnement des systèmes à modulation numérique en présence de brouillage
Rec. UIT-R SM.1265	Nouvelles méthodes d'attribution des fréquences au niveau national
Rec. UIT-R SM.1266	Systèmes adaptatifs en ondes hectométriques et décamétriques

Rec. UIT-R SM.1268	Méthode à utiliser par les stations de contrôle des émissions pour mesurer l'excursion maximale de fréquence des émissions de radiodiffusion MF
Rec. UIT-R SM.1270	Renseignements complémentaires relatifs au contrôle des émissions pour la classification et la désignation des émissions
Rec. UIT-R SM.1271	Utilisation efficace du spectre et méthodes probabilistes
Rec. UIT-R SM.1370	Directives de conception pour la réalisation des systèmes évolués de gestion automatisée du spectre
Rec. UIT-R SM.1392	Cahier des charges principal d'une station de contrôle du spectre pour les pays en développement
Rec. UIT-R SM.1393	Formats communs destinés à l'échange d'informations entre stations de contrôle des émissions
Rec. UIT-R SM.1394	Format commun de mémorandum d'accord entre pays consentants concernant leur coopération en matière de contrôle des émissions
Rec. UIT-R SM.1413	Dictionnaire de données des radiocommunications aux fins de la notification et de la coordination
Rec. UIT-R SM.1446	Définition et mesure des produits d'intermodulation dans un émetteur utilisant des techniques de modulation de fréquence, de phase ou d'autres techniques de modulation complexes
Rec. UIT-R SM.1447	Contrôle de la couverture radioélectrique des réseaux mobiles terrestres pour vérifier la conformité avec une licence
Rec. UIT-R SM.1448	Détermination de la zone de coordination autour d'une station terrienne fonctionnant dans des bandes de fréquences comprises entre 100 MHz et 105 GHz
Rec. UIT-R SM.1535	Protection des services de sécurité vis-à-vis des rayonnements non désirés
Rec. UIT-R SM.1537	Automatisation et intégration de systèmes de contrôle du spectre avec gestion automatisée du spectre
Rec. UIT-R SM.1539	Variation de la frontière entre le domaine des émissions hors bande et le domaine des rayonnements non essentiels dont il faut tenir compte dans l'application des Recommandations UIT-R SM.1541 et UIT-R SM.329
Rec. UIT-R SM.1540	Rayonnements non désirés du domaine des émissions hors bande tombant dans les bandes adjacentes attribuées
Rec. UIT-R SM.1541	Rayonnements non désirés dans le domaine des émissions hors bande
Rec. UIT-R SM.1542	Protection des services passifs contre les rayonnements non désirés
Rec. UIT-R SM.1598	Méthodes de radiogoniométrie et de localisation de signaux à accès multiple par répartition dans le temps et à accès multiple par répartition en code
Rec. UIT-R SM.1599	Détermination de la répartition géographique et en fréquence du facteur d'utilisation du spectre aux fins de la planification des fréquences
Rec. UIT-R SM.1600	Identification technique des signaux numériques
Rec. UIT-R SM.1603	Redéploiement du spectre en tant que méthode de gestion nationale du spectre
Rec. UIT-R SM.1604	Directives de conception d'un système actualisé de gestion du spectre destiné aux pays en développement
Rec. UIT-R SM.1633	Analyse de compatibilité entre un service passif et un service actif ayant des attributions dans des bandes adjacentes et voisines

- Rec. UIT-R SM.1634 Protection des systèmes du service mobile terrestre contre les brouillages par utilisation de la méthode de simulation de Monte Carlo et application au partage des fréquences
- Rec. UIT-R SM.1546 Méthode de prévision de la propagation point à zone pour les services de Terre entre 30 MHz et 3 000 MHz

ANNEXE 1

Formation à la gestion du spectre

1 Introduction

Un système de gestion automatisée du spectre est un système d'information volumineux, éventuellement complexe qui comprend une base de données importante regroupant des demandes et des licences, des attributions de fréquences, des coordonnées géographiques et d'autres données. La formation à l'utilisation d'un tel système est une partie essentielle des activités de gestion du spectre d'une administration afin de préparer son personnel à leurs fonctions. Avec l'évolution rapide des systèmes de radiocommunication, cette formation doit être continue et permanente. Le personnel responsable de la gestion du spectre a besoin d'avoir de vastes connaissances sur les sujets liés au spectre des fréquences radioélectriques et aux services de radiocommunication. Les équipements et les logiciels informatiques sont souvent très spécialisés et ne sont pas utilisés en dehors de l'administration. Il est donc nécessaire de mettre au point des programmes de formation spécifiques et d'utiliser des instructeurs qualifiés.

Les cours de formation doivent être adaptés au personnel à former. Les différentes catégories d'agents énumérées dans la section 2 ont besoin de cours de formation différents. Ces cours peuvent être constitués par des modules ou des unités standard, chaque module traitant d'un sujet particulier lié à la gestion du spectre. Ils peuvent être classés dans trois grandes catégories:

- Formation de base (formation des nouveaux agents)
- Formation en cours d'emploi
- Formation au développement professionnel.

Ces catégories sont examinées plus en détail dans la section 3. Il faudra peut-être aussi prévoir de brefs cours d'introduction et/ou une formation plus approfondie sur le long terme. Les cours dispensés sur une semaine ou deux peuvent donner un aperçu général de la gestion du spectre, couvrir des sujets précis énumérés dans la section 3.3 ou présenter aux participants un système de gestion du spectre particulier. Une formation sur le long terme permet d'approfondir des sujets bien précis ou d'apprendre en détail le fonctionnement d'un système.

La formation à l'utilisation d'un système de gestion automatisée du spectre est généralement fondée sur les informations qui sont contenues dans la documentation fournie avec le système. En général, le fabricant du système fournit la documentation suivante:

- une documentation standard sur le logiciel et sur l'équipement qui est mise à disposition par les fournisseurs des équipements et des logiciels de base;
- une documentation sur le système qui est utilisé comme un ensemble de manuels de référence et non de procédures de gestion du spectre.

Pour chaque cours de formation, il faut fournir un ensemble de documents, notamment les documents destinés aux étudiants et les guides pour les instructeurs. Chaque stagiaire devra recevoir une copie de la documentation, diapositives, manuels et autres matériels. L'organisme responsable de la gestion du spectre doit conserver ces documents pour qu'ils puissent être consultés en permanence, en particulier lorsque les mouvements de personnel sont nombreux.

La présente Annexe donne un résumé de la formation à la gestion du spectre qui est offerte en cas d'achat d'un système de gestion automatisée du spectre. La formation à la gestion et au contrôle du spectre est également examinée brièvement dans la Recommandation UIT-R SM.1370 – Directives de conception pour la réalisation des systèmes de gestion automatisée du spectre (dernière version) et plus en détail dans la section 2.8 du Manuel de l'UIT-R – Contrôle du spectre radioélectrique (Genève, 2011).

2 Compétences demandées aux bénéficiaires d'une formation

Les personnes chargées de la gestion du spectre des fréquences radioélectriques doivent faire face à une multitude de services de radiocommunication, de systèmes et de procédures administratives. Par conséquent, l'administration, pour pouvoir disposer d'un vaste réservoir de connaissances et de compétences, doit avoir un personnel très vaste ayant des compétences très diverses. Ce personnel comprend généralement:

- *Les gestionnaires*: personnes chargées de la gestion des projets et de l'exploitation des systèmes.
- *Les utilisateurs techniques*: ingénieurs, techniciens et spécialistes chargés de l'ingénierie des systèmes, de l'analyse technique et de l'assignation des fréquences (utilisateurs des logiciels d'ingénierie radioélectrique).
- *Les utilisateurs administratifs*: personnes chargées des tâches administratives (traitement des demandes, facturation, établissements des rapports).
- *Les spécialistes des technologies de l'information*: personnes chargées de l'installation, de la supervision des systèmes, de la sauvegarde des données et de la gestion des utilisateurs.

Ces différentes catégories d'agents devraient avoir les connaissances et les compétences suivantes:

- *Gestionnaires*
 - Organisation de l'organe de réglementation
 - Objectifs, stratégies, activités courantes et futures de l'organe de réglementation en matière de gestion du spectre
 - Tâches administratives liées à la gestion du spectre
 - Conception et planification des systèmes radioélectriques
 - Traitement du signal et théorie de l'information
 - Propagation des ondes radioélectriques
 - Analyse des brouillages
 - Planification des fréquences
 - Notions de base concernant l'utilisation des ordinateurs
- *Utilisateurs techniques*
 - Propagation des ondes radioélectriques
 - Analyse des brouillages
 - Planification des fréquences
 - Notions de base concernant l'utilisation des ordinateurs et maîtrise des logiciels d'application pertinents par exemple, traitement de texte, analyse des tableurs, logiciel de gestion des fréquences
- *Utilisateurs administratifs*
 - Organisation de l'organe de réglementation
 - Tâches administratives liées à la gestion du spectre
 - Notions de base concernant l'utilisation des ordinateurs, y compris de Microsoft Windows
- *Spécialistes des technologies de l'information*
 - Systèmes d'exploitation
 - Notions de base sur les logiciels d'application utilisés par le système
 - Gestion de bases de données relationnelles
 - TCI/IP, réseaux LAN et WAN

Certaines de ces compétences peuvent être acquises, en fonction des besoins, auprès de consultants ou dans le cadre de contrats ou d'accords d'assistance mutuelle avec d'autres organismes publics. Dans certains cas, les organisations responsables de la gestion du spectre n'auront pas besoin de compétences très spécialisées dans chacun de ces domaines mais elles devront bien comprendre les principes en jeu. Pour être tout à fait qualifiés

pour leur travail certains agents, en particulier les gestionnaires, devraient avoir plusieurs années d'expérience dans le domaine de la gestion du spectre.

3 Sujets des cours

Une administration devra mettre en place un plan de formation adéquat, adapté à ses besoins. Il faut bien sûr prévoir une formation à l'utilisation des nouveaux systèmes, laquelle est en général dispensée par les fournisseurs de ces systèmes. Il faut organiser régulièrement une formation de base sur des notions de base, destinée aux fonctionnaires nouvellement recrutés pour remplacer ceux qui sont partis avec la rotation des effectifs. Des plans sur le long terme doivent prévoir des cours de spécialisation professionnelle sur de nouveaux sujets destinés aux fonctionnaires ayant déjà acquis de l'expérience dans le cadre de leur plan de carrière.

Les sujets suggérés pour un cours de formation sont énumérés dans le présent paragraphe. Les systèmes juridiques, les structures administratives, les systèmes d'éducation et les systèmes de gestion des fréquences varient d'un pays à un autre. Les qualifications demandées au personnel responsable de la gestion du spectre dépendent aussi de leurs tâches spécifiques. Par conséquent, les sujets suggérés pour les cours doivent être considérés comme des lignes directrices et peuvent être adaptés compte tenu des besoins de chaque administration.

Par exemple, un programme de formation peut être consacré aux 3/4 à la gestion du spectre et le 1/4 restant au contrôle du spectre.

Le personnel décrit dans la section 2 doit avoir une connaissance et une compréhension générales des principes énumérés dans ce paragraphe; mais si une administration fait l'acquisition d'un nouveau système, il faudra prévoir une formation spécifique sur l'utilisation de ce système.

3.1 Formation suggérée pour le système décrit dans la Recommandation UIT-R SM.1370: un exemple utile de formation de base

La Recommandation UIT-R SM.1370 décrit les éléments d'un système de gestion automatisée du spectre (ASMS) destiné à aider les administrations à s'acquitter de leurs responsabilités en matière de gestion du spectre. La Liste ci-après donne les sujets suggérés pour la formation pour le type de système décrit dans la Recommandation.

Applications de la gestion du spectre. Une introduction à la gestion du spectre et connaissance du rôle du système de gestion et du spectre.

Connaissance de la structure du système de gestion du spectre. Structure du système et examen de l'intégration des sous-systèmes.

Connaissance et utilisation des sous-systèmes de gestion du spectre. Connaissance et utilisation du sous-système d'octroi de licences pour les systèmes de radiocommunication, du sous-système d'analyse technique, du sous-système de coordination internationale et de notification, du sous-système de facturation et de paiement, du sous-système des certificats d'opérateur des radiocommunications, du sous-système fournisseur (vendeur) d'équipements de radiocommunication, du sous-système d'homologation des équipements, du sous-système d'inspection, du sous-système de planification de la gestion, du sous-système d'administration du système et du sous-système interface avec les stations de contrôle des émissions. Ce module comprend aussi la connaissance des tableaux de référence du système.

Connaissance du projet et du calendrier de mise en oeuvre du projet. Connaissance du champ d'application du projet, des retombées de ce projet, des modalités d'intégration des divers sous-systèmes, du calendrier de mise en oeuvre et de ses incidences, des responsabilités du contractant et de l'administration.

Sous-système d'octroi de licences pour les systèmes de radiocommunication. Saisie des données relatives aux demandes de licences, autorisation d'exploitation des stations de radiocommunication, facturation, délivrance/modification/annulation/renouvellement des licences, interrogation de la base de données, élaboration et prise de connaissance des rapports.

Connaissance et mise en oeuvre du processus des analyses techniques. Introduction aux analyses techniques et instructions détaillées pour la réalisation de ces analyses.

Connaissance et mise en oeuvre de la coordination internationale et régionale. Notification et inscription des fréquences, coordination internationale, interrogation et établissement de rapports.

Connaissance du processus de gestion des utilisateurs. Définition des vendeurs, connaissance du processus de certification et d'enregistrement, connaissance des barèmes des droits perçus pour l'octroi des licences aux vendeurs.

Connaissance du processus d'homologation des équipements. Connaissance de la fonction et du processus d'homologation.

Administration du système. Connaissance et application de la configuration du réseau, de la configuration du système, de la sauvegarde et du rétablissement du système de l'administration de la base de données, de l'accès au système et de la sécurité du système.

Système d'inspection. Connaissance et utilisation du sous-système d'inspection.

Tenue à jour et utilisation des tableaux et codes de référence du système d'octroi des licences. Différents types de codes et utilisation de chaque tableau de codes.

Connaissance de la fonction de radiogoniométrie et de contrôle des émissions. Introduction au système de contrôle des émissions et au système de radiogoniométrie, description de l'interface entre les stations de contrôle des émissions et le système d'octroi de licences, rôle du contrôle des émissions dans la gestion du spectre, systèmes fixes et mobiles de contrôle des émissions, rapports des stations de contrôle des émissions, essentiellement des systèmes de contrôle des émissions fixes et mobiles et techniques de mesure du spectre.

3.2 Formation en cours d'emploi

Après avoir reçu une formation de base, le nouveau fonctionnaire se voit confier un rôle et une tâche dans l'organisation et il est détaché dans un département pour effectuer un certain travail. Pour bien s'acquitter des tâches qui lui ont été confiées, le nouveau fonctionnaire reçoit souvent une formation en cours d'emploi. C'est une méthode très efficace et essentielle pour préserver les compétences du département. Pourtant, il ne suffit pas de détacher de nouveaux fonctionnaires auprès d'un collègue expérimenté et de croire que tout ira bien. Il appartient au gestionnaire de planifier une formation en cours d'emploi comme il planifierait un cours ou suivrait l'évolution des progrès. Ce type de formation est axé sur l'affectation particulière du personnel.

3.3 Formation détaillée: spécialisation professionnelle

Les employés suivent une formation sur la spécification professionnelle pour acquérir des informations techniques détaillées en vue d'une promotion, d'un changement d'affectation ou d'une remise à niveau de leurs compétences techniques. Les sujets qui devraient être abordés dans un cours de formation en vue d'une spécification sur la gestion du spectre sont très divers. Pour chaque cours ils devraient être choisis en fonction des compétences et des emplois des personnes à former. Les sujets à traiter dans un cours de formation sur la gestion du spectre devraient, en règle générale, être choisis dans la liste suivante:

- 1) Principes généraux de la gestion du spectre
- 2) Connaissance et utilisation des systèmes de gestion automatisée du spectre
- 3) Octroi de licences pour les systèmes de radiocommunication
- 4) Connaissance et utilisation des assignations de fréquence
- 5) Connaissance et réalisation des analyses techniques
- 6) Connaissance et mise en oeuvre de la coordination internationale
- 7) Connaissance du processus d'homologation des équipements
- 8) Système comptable, y compris calcul des droits et facturation
- 9) Applications pour le système de l'administration:
 - a) utilisation et exploitation du système

- b) connaissance et application de la configuration du réseau
 - c) Accès au système
 - d) connaissance et application de la sauvegarde et du rétablissement du système
 - e) connaissance des considérations de sécurité liées au système
 - f) connaissance et fonctionnement de la base de données
- 10) Entrée des données
 - 11) Contrôle du spectre
 - 12) Administration des systèmes de gestion et du spectre.

Les gestionnaires devraient recevoir une formation dans tous les domaines énumérés ci-dessus. Les utilisateurs techniques devraient, en règle générale, recevoir une formation dans tous les domaines, à l'exception des domaines 8, 9b) et 9d). Les utilisateurs administratifs devraient en principe recevoir une formation dans les domaines 2, 8, 9a), 9f) et 10. Les administrateurs des systèmes devraient recevoir une information dans les domaines 2, 9 et 12 ainsi que des cours spécialisés portant sur la gestion des bases de données et des systèmes logiciels.

En plus des cours de formation classiques, un programme complet de formation en vue d'une spécialisation personnelle devrait intégrer l'expérience acquise par d'autres administrations et leur participation aux activités de l'UIT, par exemple:

- participation active aux travaux des commissions d'études et aux conférences de l'UIT;
- participation active aux forums régionaux et aux travaux des organismes de normalisation;
- échange d'idées et d'informations avec d'autres administrations. Les réunions de coordination et les visites d'autres administrations enrichissent l'expérience acquise; et
- participation à des séminaires/ateliers sur de nouvelles questions technologiques.

4 Moyens de formation

Il existe dans le monde diverses sources offrant une formation à la gestion et au contrôle du spectre des fréquences radioélectriques, notamment:

- Une formation est dispensée par l'UIT. Le Bureau de développement des télécommunications (BDT) et le Bureau des radiocommunications (BR) de l'UIT offrent les possibilités de formation décrites ci-après et le BDT peut donner aux pays en développement des orientations concernant des cours particuliers et des sources possibles de financement pour assister à ces cours, y compris les sources de financement pour le coût de la formation et les frais de voyage et de séjour.
- Les Administrations de l'Allemagne (République fédérale de), de l'Australie, du Canada, de la Chine (République populaire de), de la Corée (République de), des Etats-Unis d'Amérique, de la France, d'Israël (Etat d'), de l'Italie, du Japon, du Portugal et du Royaume-Uni de Grande Bretagne et d'Irlande du Nord ont proposé dans la Résolution UIT-R 23-2 (AR-12) de recevoir des responsables du contrôle des émissions d'autres administrations afin de les former aux techniques de contrôle des émissions et de radiogoniométrie. Aucun droit d'inscription n'est perçu pour cette formation.
- Une formation est également dispensée par des organisations et des universités de certains pays comme indiqué dans les paragraphes qui suivent. Pour certains de ces cours, il n'y a pas de droits d'inscription et pour d'autres, il faut au contraire acquitter un droit d'inscription.
- Des équipementiers comme TIC, une société SPX (Etats-Unis); Elbit Systems (Israël), LS telcom (Allemagne), ATDI (France), Rohde & Schwarz (Allemagne), Thales (France) et Agilent Technologies (Etats-Unis) offrent une formation, y compris une formation sur les systèmes qu'ils proposent. Ces programmes de formation sont décrits dans les Pièces jointes à la présente Annexe. Les personnes qui ont conclu des accords de partenariat avec le BDT ne percevront pas de droit d'inscription pour leurs cours et/ou fourniront des conférenciers gratuitement pour les ateliers et séminaires organisés par les centres d'excellence du BDT; d'autres pourront percevoir un droit d'inscription pour la formation.

Les informations concernant les moyens de formation présentés dans ce paragraphe sont essentiellement obtenues dans le cadre d'un appel lancé aux responsables leur demandant de décrire les cours et les moyens de formation disponibles (voir la Lettre circulaire 1/LCCE/54 de l'UIT-R et BDT). La formation décrite dans le présent paragraphe porte sur divers sujets généraux de la gestion du spectre ainsi que sur des équipements et des logiciels particuliers propres à telle ou telle administration.

4.1 Ressources de formation disponibles à l'UIT

L'UIT est attachée au développement des ressources humaines. Les conférences mondiales de développement des télécommunications approuvent des programmes, notamment sur le renforcement des capacités humaines et d'autres programmes spéciaux en faveur des pays en développement. Ces programmes prévoient un transfert des connaissances, un partage des expériences et des compétences et la diffusion des informations, et font appel à des ressources comme le programme de formation à la gestion du spectre, les centres d'excellence et le centre de formation virtuel décrit ci-après. En outre, les séminaires sur les radiocommunications facilitent la formation.

4.1.1 Programme de formation à la gestion du spectre (SMTP)

Le SMPT est un ensemble complet de documents de formation de haut niveau touchant à tous les domaines de la gestion du spectre; il est actuellement mis au point par des experts de l'UIT ou venant de l'extérieur. Ce programme couvre toute une série de sujets ayant trait à la gestion du spectre. Il constituera un bon moyen de former le personnel à la théorie et à la pratique de la gestion moderne du spectre. Il deviendra le document incontournable en ce qui concerne la gestion du spectre.

Aperçu général. Le SMTP est conçu pour les Etats Membres et les Membres de Secteur de l'UIT. Il répondra en particulier aux besoins en matière de renforcement des capacités des opérateurs, des régulateurs et des décideurs. Il constituera une ressource pour les membres des établissements universitaires participant aux travaux de l'Union ainsi que pour le réseau de Centres d'excellence de l'UIT. Toutefois, au-delà de ces destinataires ciblés, le SMPT sera aussi disponible pour toute personne souhaitant élargir et enrichir ses connaissances professionnelles dans le domaine de la gestion du spectre. Ainsi, les étudiants inscrits au programme SMTP pourront avoir des niveaux d'instruction différents, dans les domaines techniques ou de la gestion, et venir d'horizons différents (ingénierie, domaine juridique, domaine économique etc.).

Le SMTP comprend deux niveaux: le niveau de base et le niveau avancé. Le niveau de base est plus orienté vers les aspects techniques tandis que le niveau avancé couvre aussi des sujets et des compétences non techniques.

Le *niveau de base* du SMPT comprend les modules suivants:

- 1) Module 1 obligatoire: «Bases juridiques et cadre réglementaire de la gestion du spectre»
- 2) Module 2 obligatoire: «Principes fondamentaux de l'ingénierie du spectre»
- 3) Module 3 obligatoire: «Technologies des télécommunications hertziennes»
- 4) Module 1 au choix:
 - Option 1: «Contrôle du spectre»
 - Option 2: «Mise en application de la législation et homologation des équipements»
 - Option 3: «Gestion du spectre pour les systèmes à satellites»
 - Option 4: «Gestion du spectre pour les systèmes en ondes décimétriques, et pour les services scientifiques, maritime et d'amateur»
 - Option 5: «Gestion du spectre pour les services aéronautiques et de radiorepérage et pour les systèmes militaires»
 - Option 6: «Gestion informatisée du spectre».

Le *niveau avancé* du SMPT comprend les modules suivants:

- 1) Module 4 obligatoire: «Outils économiques et commerciaux pour la gestion du spectre»
- 2) Module 5 obligatoire: «Planification et politiques stratégiques pour l'innovation dans le domaine des technologies hertziennes»
- 3) Module 2 au choix:
 - Option 1 (spécialisation juridique): «Régimes évolués d'autorisation d'utilisation du spectre»
 - Option 2 (spécialisation juridique): «Incidences socio-économiques de la réglementation du spectre: concurrence et protection du consommateur»
 - Option 3 (spécialisation technique): «Planification de la radiodiffusion télévisuelle de Terre et passage au numérique»
 - Option 4 (spécialisation technique): «Accès opportuniste au spectre et dispositifs de radiocommunication cognitifs».

Pour des informations détaillées voir: <http://academy.itu.int/news/item/1077/>

4.1.2 Séminaire mondial sur les radiocommunications

Une année sur deux (généralement en novembre), le BR organise au siège de l'UIT à Genève un séminaire de cinq jours sur l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques et des orbites de satellite et, en particulier, sur l'application des dispositions du Règlement des radiocommunications de l'UIT. Ce séminaire couvre les aspects de la gestion internationale des fréquences concernant les services de Terre et les services spatiaux ainsi que les travaux correspondants des commissions d'études des radiocommunications. Une attention particulière est apportée aux procédures du Règlement des radiocommunications (RR) adoptées par les CMR. Des démonstrations et des ateliers sont également organisés pour que les participants puissent avoir une expérience concrète des procédures de notification utilisées à l'UIT ainsi que de certains des logiciels et publications électroniques que le BR met à la disposition des administrations des Etats Membres et des Membres de l'UIT-R. Les exposés et les discussions pendant le séminaire se font dans les six langues de travail de l'UIT, avec interprétation simultanée. La documentation est postée sur le site web de l'UIT-R (<http://www.itu.int/ITU-R/conferences/seminars/index.html>) et après le séminaire peut être, sur demande, mise à disposition des administrations qui souhaitent organiser une formation. De tels séminaires sont aussi planifiés occasionnellement dans les différentes régions.

4.1.3 Centres d'excellence

Le BDT gère plusieurs centres d'excellence, destinés aux pays en développement, dans diverses régions du monde. Ces centres assurent les fonctions suivantes dans le domaine de la formation:

- Dans les diverses régions, ils servent de pôle pour la formation, le développement professionnel, la recherche et les informations sur les questions liées aux télécommunications.
- Ils dispensent une formation à l'intention des décideurs et des régulateurs en ce qui concerne l'élaboration des politiques sectorielles au niveau national et des règlements.
- Ils dispensent une formation à l'intention des cadres supérieurs des entreprises dans le domaine de la gestion des réseaux et des services de télécommunication.
- Ils dispensent une formation à l'intention des gestionnaires des fréquences sur les aspects politiques, réglementaires et techniques de la gestion du spectre des fréquences.
- Ils dispensent une formation sur des sujets particuliers: les technologies évoluées des télécommunications et de l'information, financement des télécommunications et accords commerciaux multilatéraux.
- Ils offrent des possibilités pour l'élaboration et l'harmonisation des normes sur les télécommunications et fournissent une assistance pour la participation aux forums mondiaux sur la normalisation des télécommunications.
- Ils servent de pôles pour les initiatives régionales et mondiales sur la société de l'information.

- Ils offrent des possibilités pour l'élaboration et la mise en oeuvre de projets pilotes utilisant les technologies de l'information et de la communication dans des domaines bien précis présentant un grand intérêt pour diverses régions.
- Ils fournissent des services de consultance aux gouvernements et aux entreprises du secteur privé.
- Ils fournissent des moyens nécessaires aux conférences, séminaires et colloques organisés pour examiner et diffuser les informations sur les questions de télécommunication.

On compte six Centres d'excellence:

- 1) Centre d'excellence pour les pays d'Afrique francophones (Noeud principal: Dakar)
- 2) Centre d'excellence pour les pays d'Afrique anglophones (Noeud principal: Nairobi)
- 3) Centre d'excellence pour la région Asie-Pacifique (Noeud principal: Bangkok)
- 4) Centre d'excellence pour les Amériques (Noeuds principaux: Argentine, Chili, Colombie, Costa Rica, Equateur, Honduras, Pérou et Venezuela)
- 5) Centre d'excellence pour la région des Etats arabes (Pays chefs de file: Egypte, Jordanie, République arabe syrienne, Soudan et Tunisie)
- 6) Centre d'excellence pour les pays d'Europe orientale et les pays de la CEI (Pays chefs de file: Bélarus, Bulgarie, Fédération de Russie, Pologne, Slovaquie et Ukraine).

Les centres sont régis par des conseils d'administration ou des comités directeurs qui établissent les structures de gestion et les programmes théoriques qui permettront d'atteindre les objectifs de formation fixés.

D'autres informations concernant les activités de ces centres sont disponibles sur le site web de l'UIT à l'adresse: (<http://www.itu.int/ITU-D/hrd/coe/~index.html>).

4.1.4 Centre de formation virtuel

Le BDT a créé un centre de formation virtuel. Le site de ce centre (<http://www.itu.int/ITU-D>) a une bibliothèque regroupant les documents axés sur la formation.

La gestion du spectre est un des sujets figurant dans les programmes de formation. L'UIT a aussi conclu des partenariats avec le secteur privé, des agences régionales ou internationales, les autorités de différents pays, les milieux universitaires et des organisations de formation pour créer des synergies et mobiliser des ressources supplémentaires permettant de financer les projets de renforcement des capacités. Essentiellement, trois formules sont possibles pour contribuer au développement: la conclusion d'un accord de formation (en renonçant aux droits d'inscription perçus pour la formation), la contribution au plan d'action annuel du BDT et/ou la participation à des projets régionaux existants basés sur des partenariats secteur public-secteur privé et axés sur l'autonomie à long terme.

4.2 Formation offerte par les administrations et les organisations

4.2.1 Possibilités de formation aux Etats-Unis d'Amérique

Aux Etats-Unis d'Amérique, le United States Telecommunications Training Institute (USTTI, <http://www.ustti.org>) offre depuis 1983 des possibilités de formation dans le domaine de la gestion du spectre. L'USTTI a été lancé à la Conférence de plénipotentiaires de l'UIT à Nairobi (Kenya). Les cours de cet Institut sont financés par des sociétés et/ou des organismes publics américains. Chaque année, l'USTTI offre un certain nombre de cours se rapportant directement à la gestion du spectre radioélectrique:

- 1) Formation à la gestion du spectre radioélectrique et aux questions de réglementation (chaque printemps, dispensée conjointement par la Federal Communications Commission (FCC) et l'USTTI).
- 2) Gestion du spectre des fréquences radioélectriques (chaque printemps, dispensée conjointement par la National Telecommunications and Information Administration (NTIA) et Comsearch).
- 3) Gestion du spectre dans le secteur civil (chaque printemps, dispensée conjointement par la FCC et Comsearch).

- 4) Contrôle et mesures du spectre radioélectrique (chaque printemps, dispensée par la FCC et par L-3/Ascom, Inc.).
- 5) Applications pratiques de la gestion et du contrôle du spectre (chaque printemps, dispensée par TCI).
- 6) Techniques et procédures de contrôle du spectre radioélectrique (deux fois par an, une fois au printemps et une fois en été, dispensée par la FCC).
- 7) Techniques de laboratoire à l'appui des programmes de certification des équipements (chaque automne, dispensée par la FCC).

Par ailleurs, des sociétés américaines sponsorisent des cours de l'USTTI sur les radiocommunications hertziennes qui peuvent contenir certains éléments de gestion du spectre. Des précisions concernant ces cours sont disponibles dans le catalogue de cours de l'USTTI qui est publié chaque année.

Aucun frais d'inscription n'est perçu pour les cours de formation organisés sous l'égide de l'USTTI. Les personnes intéressées doivent rechercher auprès de leur organisation ou de leur gouvernement ou bien encore d'autres organisations le financement nécessaire pour couvrir le prix du billet d'avion international ou national et les frais de subsistance pendant la formation.

4.2.2 Programme international de formation de l'Australian Communications Authority (ACA)

Le programme international de formation a été élaboré par l'ACA (<http://www.aca.gov.au/>) en réponse à un nombre croissant de demandes émanant d'organisations internationales qui souhaitent avoir des programmes d'études et de formation individuels. Ce programme donne un aperçu général de l'environnement totalement libéralisé des télécommunications et des radiocommunications en Australie, sous l'angle réglementaire. Il est articulé autour de trois grands axes et couvre les problèmes posés par les radiocommunications et les télécommunications. Tous les cours de formation sont assurés en anglais.

Le programme international de formation donne aux pays qui sont en train de mettre en place un environnement concurrentiel ou qui envisagent de le faire, la chance de bénéficier de l'expérience de l'Australie. Il présente aussi l'avantage de donner aux participants l'occasion unique de nouer des contacts avec des représentants d'organisations ou de pays occupant les mêmes fonctions ainsi qu'avec des pays qui sont plus avancés en matière d'ouverture à la concurrence.

Tous les cours de formation dispensés par l'ACA sont gratuits mais les frais d'hébergement, de voyage et de subsistance sont à la charge des participants.

4.2.3 Formation dispensée à la United Kingdom Telecommunications Academy (UKTA)

L'UKTA (<http://www.ukta.co.uk/>) propose une série de cours de formation sur les télécommunications, sans frais d'inscription, aux personnes qui cherchent à améliorer leurs compétences dans le domaine des télécommunications.

Il s'agit d'un projet mis en place conjointement par un petit nombre d'entreprises de télécommunication de premier plan et certaines universités au Royaume-Uni, qui mettent en commun leurs moyens de formation pour offrir tout un éventail de cours de grande qualité. Des places à ces cours sont réservées aux directeurs et aux techniciens de pays dans lesquels l'environnement des télécommunications est moins développé. Les candidats dont la demande aura été acceptée contribueront ou souhaitent contribuer sensiblement au développement de l'infrastructure et des moyens de télécommunication dans leur propre pays.

Le projet est financé par le Département du commerce et de l'industrie du Royaume-Uni et a été mis en place pour offrir des possibilités de formation aux délégués des pays qui souhaitent bénéficier des compétences et des connaissances des entreprises de télécommunication du Royaume-Uni.

La formation porte sur des connaissances techniques et des activités très diverses dans le domaine des télécommunications, notamment la gestion, le développement commercial, technique et personnel. La durée des cours individuels va de 1 jour à 2 ans. Il n'y a pas de cours spécifique intitulé – Gestion du spectre, mais des cours axés sur les technologies qui peuvent couvrir certains aspects de la gestion du spectre. Les candidats

peuvent choisir un ensemble de cours dans la brochure de l'Académie et se faire ainsi un programme adapté à leurs besoins personnels. Tous les cours de formation sont donnés en anglais.

4.2.4 Cours de gestion nationale du spectre en Israël

Israël (<http://www.moc.gov.il/new/english/index.html>) dispense des cours sur la gestion nationale du spectre qui sont destinés à former les ingénieurs, juristes et économistes travaillant au Ministère des communications ou à offrir un enseignement à d'autres spécialistes s'intéressant à la gestion nationale du spectre. Le site web donne le contenu et le calendrier de cette formation d'une durée de cinq jours. Cette formation a été dispensée en Israël et dans plus de 26 pays et des cours par téléenseignement ont été donnés par l'UIT-D dans la région Asie-Pacifique et en Amérique latine. La formation est basée sur les activités de gestion du spectre aux niveaux national, international et régional ainsi que sur plusieurs programmes de gestion nationale du spectre qui ont été élaborés.

Dans le cadre de ce cours on abordera les principes fondamentaux des communications hertziennes et l'accent sera mis sur les récepteurs, les antennes et la propagation des ondes radioélectriques. Les principaux services hertziens seront présentés dans les détails et l'accent sera mis sur les services de radiodiffusion, mobile terrestre (essentiellement cellulaire) et fixe ainsi que sur les satellites, les dispositifs à courte portée, les radars, l'exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques, la compatibilité électromagnétique et les brouillages. Les 14 sujets sont dans le domaine public (les communications par satellite seront ajoutées); le contenu détaillé du cours est en gras et des hyperliens sont donnés sur le web.

Réunion	Sujet	Contenu détaillé
1	Introduction	Communications hertziennes de bout en bout et spectre des fréquences radioélectriques.
<u>Ingénierie du spectre des fréquences radioélectriques</u>		
2	Propagation 1: équations	Equations de Maxwell; Equation de Friis et affaiblissement de propagation en espace libre; éléments influençant l'affaiblissement de propagation; équation du radar en espace libre: champ lointain, champ proche, effet Doppler, zones de Fresnel.
3	Propagation 2: horizon radioélectrique et ondes décamétriques	Horizon radioélectrique en fonction de la hauteur d'antenne; Loi de Snell; rayon équivalent de la Terre; affaiblissement dû aux gaz dans l'atmosphère; phénomènes de conduit; propagation en ondes décamétriques; régions de l'ionosphère, couches de l'ionosphère et bonds.
4	Antennes: paramètres fondamentaux	Ouverture d'antenne et ouvertures de faisceau, équations pratiques, diagrammes de rayonnement d'antenne en 3 dimensions; impédance; affaiblissement en retour et [taux d'ondes stationnaires]; MIMO.
5	Emetteurs et récepteurs	Caractéristiques des émetteurs et des récepteurs; rayonnements non désirés des émetteurs et gabarits; conditions de réception; sensibilité; sélectivité; facteur de bruit; bruit thermique.
<u>Services radioélectriques</u>		
6	Radiodiffusion: vidéo, audio et données	Réseau de radiodiffusion; paramètres techniques des systèmes de télévision; bandes RF; propagation par trajets multiples; dividende numérique; coexistence systèmes cellulaires et systèmes de télévision:
7	Service mobile terrestre, essentiellement cellulaire	Normes relatives aux systèmes mobiles; réseau cellulaire mobile de base de référence; accès multiple par répartition en fréquence, en code, dans le temps; OFDM/OFDMA; interfaces et évolution des IMT; structures GSM/UMTS/LTE; bandes LTE; déchargement WiFi; réseautage
8	Service fixe	Evolution et situation actuelle de la technologie des services fixes; topologie de déploiement, liaisons du SF en visibilité directe ou non; applications et exemples; dispositions des canaux et blocs de canaux; bilan de liaison point à point logarithmiquement et numériquement.
9	Communications par satellite	Définitions; Règlement des radiocommunications de l'UIT; orbites de satellites et services par satellite; équipements satellitaires; réglementation des communications par satellite.
10	Dispositifs à courte portée	Définitions; nouvelles techniques de multiplexage, d'étalement et de modulation; applications types; technologie RFID; fréquences pour harmonisation mondiale ou régionale; 3 études de cas:
11	Systèmes radar	Applications; Equation de Friis; affaiblissement de transmission de base; effet Doppler; paramètres des radars; indication de cible en mouvement.
<u>Ondes radioélectriques: réglementation, brouillages radioélectriques, exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques</u>		
12	Normalisation et réglementation des fréquences du spectre	Quoi réglementer; rôle de la réglementation et de la normalisation; organisations internationales, régionales ou nationales; contrôle du spectre des fréquences; comparaison Europe/Etats Unis
13	CEM et brouillages	Brouillages: couplage antenne-antenne; types et modes de brouillages; réduction des brouillages intrasystème et intersystèmes; caractéristiques de vulnérabilité des récepteurs; signaux brouilleurs; rapport linéaire porteuse/brouillage; rapport de protection signal/bruit.
14	Exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques	Exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques et hypersensibilité; quantités techniques; densité de puissance en champ lointain (depuis la station de base) et radars SAR en champ proche (combiné); directives de la CIPRNI pour limiter les expositions aux rayonnements; niveaux de référence au niveau mondial; limites des expositions aux rayonnements et incidence sur la planification des réseaux.

4.3 Formation dispensée par des universités

Certaines universités offrent aussi des cours de courte durée sur la gestion et la réglementation du spectre, qui sont des modules de programmes postuniversitaires ou des formations indépendantes de courte durée. Il n'entre pas dans le cadre du présent Manuel de couvrir tous les cours fournis par toutes les universités. Un exemple de deux cours donnés par deux universités est donc donné ci-après. Un droit d'inscription est demandé pour ces cours et les frais de voyage, de logement et de subsistance sont à la charge de l'administration.

4.3.1 Cours dispensés à l'Université de York

Le Département d'électronique (<http://www.elec.york.ac.uk/contedu/welcome.html>) de l'Université de York offre des modules d'une semaine pour les cours postuniversitaires à temps partiel sur la CEM et les communications RF, cours qui peuvent également être pris comme des cours de courte durée. L'un des cours offerts est intitulé – Gestion du spectre radioélectrique et environnement réglementaire des radiocommunications (cinq jours). Ce cours aborde le spectre radioélectrique comme une ressource limitée et recense les outils techniques et services administratifs nécessaires pour en assurer une utilisation efficace.

4.3.2 Cours dispensés au Centre de développement professionnel de l'Université George Washington

Le Centre de développement professionnel de l'Université George Washington a un programme international et d'éducation personnalisé (<http://www.gwu.edu/~cpd/ceip>) destiné à stimuler le développement personnel et professionnel des entreprises, du secteur privé, des pouvoirs publics et des entités à but non lucratif. Ce Centre propose aussi de créer des programmes personnalisés pour répondre aux besoins spécifiques d'une organisation. L'un des cours offerts est le cours – CWTC 551 sur la gestion du spectre des fréquences radioélectriques (cinq jours). Dans le cadre de ce cours, on examine les problèmes techniques, réglementaires et juridiques posés par la gestion du spectre, leurs incidences sur le développement des technologies et leur lien avec la planification stratégique.

Références bibliographiques

Textes de l'UIT-R

Manuel de l'UIT sur le contrôle du spectre (Genève, 2011)

Recommandation UIT-R SM.1370 Directives de conception pour la réalisation des systèmes évolués de gestion automatisée du spectre

Résolution UIT-R 23-2 Extension à l'échelle mondiale du système de contrôle international des émissions

PIÈCE JOINTE 1

À L'ANNEXE 1

Formation à la gestion et au contrôle du spectre*

1 Programme de formation

TCI est le seul fournisseur de systèmes de gestion et de contrôle automatisés du spectre à concevoir, fabriquer et installer en interne des systèmes intégrés complets, sans déléguer à de grands sous-traitants et, en tant que tel il est le mieux placé pour fournir des systèmes intégrés de gestion et de contrôle du spectre et dispenser la formation à l'utilisation de ces systèmes. Une formation approfondie est essentielle pour mener à bien la mise en oeuvre d'un système de contrôle et de gestion du spectre. La société offre un programme de formation qui a été adapté à la nature intégrée du système. Ce programme permet aux agents d'une administration d'acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour pouvoir exploiter un système de gestion et de contrôle automatisés du spectre et en assurer la maintenance.

Une formation est assurée pour les agents suivants d'une administration:

- agents de gestion du spectre, agents techniques et administratifs responsables de l'exploitation du système de gestion;
- opérateurs du système de contrôle des émissions;
- ingénieurs et techniciens chargés de la maintenance du système.

Les cours sont dispensés selon des méthodes de formation appropriées comportant notamment des exposés faits par les instructeurs, une formation en laboratoire et autres formations concrètes. Les instructeurs ont une connaissance et une expérience approfondies du contrôle des émissions, de la radiogoniométrie et des divers concepts liés à la gestion du spectre.

Pour chaque cours de formation, des matériels didactiques et audiovisuels sont fournis, notamment un ensemble de matériels de formation reproductibles destinés à être utilisés pendant le cours par l'instructeur et les stagiaires. Il s'agit d'organigrammes, d'illustrations, de schémas de systèmes qui permettent à une administration de mettre en place un programme de formation comparable et continu. Ces matériels de formation comprennent des exercices basés sur différents scénarios qui permettent à l'utilisateur d'avoir une compréhension approfondie et de s'acquitter efficacement des tâches qui lui sont confiées.

2 Durée des cours

Des cours de formation plus au moins longs peuvent être offerts mais la durée d'un cours de formation standard de la société est de quatre semaines pendant lesquelles trois cours sont proposés l'un après l'autre: cours sur la gestion du spectre, cours sur le fonctionnement des stations de contrôle des émissions et cours sur la maintenance. Une période de quatre semaines permet de consacrer beaucoup de temps à une formation détaillée sur un système de contrôle et de gestion automatisés du spectre. Le cours de formation standard est un cours de quatre semaines, pas plus car:

- avec un système exploité sur Windows, le fonctionnement est intuitif et donc facile à apprendre;
- un système d'aide contextuelle permet aux utilisateurs d'obtenir des informations sur la fenêtre active en cliquant sur un bouton;
- un simulateur de formation (décrit à l'Annexe 3 du Chapitre 7) est fourni dans le cadre des moyens offerts pour la formation en cours d'emploi;
- les systèmes de contrôle du spectre évolués et intégrés ont un matériel beaucoup moins lourd que les systèmes plus anciens; par conséquent, la formation nécessaire pour leur fonctionnement et leur maintenance est moins longue.

* Fourni par TCI (www.tcibr.com).

3 Cours

Cours de gestion des assignations de fréquence et d'octroi de licences. Un cours de dix jours sur le fonctionnement du système de gestion est proposé, en règle générale, pour au plus dix agents administratifs. Les sujets traités dans le cadre de ce cours sont notamment les suivants:

- Gestion du spectre:
 - Principes généraux de la gestion du spectre.
 - Aperçu du logiciel du système automatisé de gestion du spectre (ASMS).
 - Fonctionnement du système ainsi que les modules types.
 - Attribution des fréquences du spectre pour satisfaire les besoins des divers utilisateurs commerciaux et des abonnés.
- Entrée des données:
 - Processus d'entrée des données utilisé dans le système ASMS.
 - Combinaison d'exposés et d'utilisation pratique du système et traitement des applications.
- Octroi de licences et administration:
 - Comment évaluer une demande d'octroi de licences en vue de son approbation, traiter les modifications, les renouvellements et les suppressions de licences et comment gérer les plaintes.
 - Connaissance approfondie du processus d'octroi de licences et de présentation des demandes et respect des procédures requises.
- Assignation des fréquences, analyse technique:
 - Processus d'assignation des fréquences et l'utilisation des outils d'analyse technique pour l'assignation des fréquences et le traitement des plaintes.
 - Utilisations pratiques des outils d'analyse technique et d'assignation des fréquences qui sont fournis avec le système de gestion., y compris l'établissement de rapports.
- Calcul des droits:
 - Le processus de calcul des droits et autres fonctions comptables.
 - Exposé et traitement pratique des droits perçus et utilisation du logiciel de comptabilité.
- Gestion du système et administration:
 - Maintenance du logiciel de base par les gestionnaires du système.
 - Familiarisation avec les outils suivants et le logiciel de base: outils SGBDR; logiciel de récupération des données.
 - Sauvegarde des données; création et gestion de comptes pour les utilisateurs de l'ordinateur; gestion de la sécurité; maintenance de la base de données; administration du réseau; procédures.

Cours sur le fonctionnement des stations de contrôle des émissions. Pour le fonctionnement des stations de contrôle des émissions, un cours de cinq jours est donné sur les stations fixes et les stations mobiles, pour huit personnes au plus. Ce cours est présenté dans le tableau suivant:

Formation au fonctionnement

Titre	Objectif	Contenu
Formation au fonctionnement des stations de contrôle des émissions	Faire en sorte que les opérateurs effectuent correctement chaque jour les tâches liées au contrôle des émissions.	Aperçu général du matériel du système
		Organigrammes abrégés des stations
		Logiciel de contrôle du spectre
		Terminologie et concepts
		Techniques de contrôle
		Système de fonctionnement
		Système serveur/client
		Démarrage du logiciel
		Principes de base
		Exploration du logiciel
		Aperçu des mesures
		Programmation
		Evaluation des résultats fournis par les stations de contrôle des émissions
		Rapports et présentation des données
		Problèmes posés par les diagnostics et l'établissement des rapports
Radiogoniométrie		
Cartes numérisées		
Mesures		

Cours de maintenance. Pour la maintenance du système, un cours de cinq jours est donné, pour huit techniciens au plus. Ce cours se présente comme suit:

Formation à la maintenance

Titre	Objectif	Contenu
Formation à la maintenance	Permettre aux techniciens de détecter les problèmes et de réparer les composantes des systèmes.	Organigramme
		Schémas de câblage et d'interconnexion
		Aperçu des opérations de calibrage, diagnostics et messages d'erreur
		Diagnostics et messages d'erreur
		Etalonnage
		Relève des dérangements
		Réparation et remplacement sur le terrain des unités remplaçables
		Maintenance préventive

PIÈCE JOINTE 2

À L'ANNEXE 1

Programmes de formation de LStelcom*

1 Programme de formation

LStelcom AG, Allemagne, offre un vaste ensemble de cours de formation, d'ateliers et de séminaires professionnels qui couvrent tous les aspects de la gestion et de l'ingénierie du spectre.

Pour améliorer et formaliser les services de formation offerts aux pays en développement, la société travaille aussi en partenariat avec l'Union internationale des télécommunications (UIT), dans le cadre des centres d'excellence de l'Union en Afrique, en Asie, dans la région des Caraïbes et dans la région des Etats arabes, l'objectif commun étant d'aider les pays en développement à gérer plus efficacement les problèmes posés par la libéralisation et la privatisation de leurs réseaux de télécommunication.

2 Cours

Les cours suivants sont disponibles en Allemagne ou dans un pays tiers choisi par le client.

Les formations offrent non seulement des bases théoriques (à partir d'exemples pratiques) mais aussi toute une série d'exercices pratiques sur ordinateur très stimulants.

Le calendrier de nos cours de formation donne une description plus détaillée de chaque cours.

Gestion du spectre

- Principes de gestion du spectre radioélectrique
- Problèmes techniques posés par la gestion du spectre radioélectrique
- Mesures effectuées par les stations de contrôle des émissions.

Radiodiffusion

- Principes de base de la planification de la radiodiffusion (MF/TV, T-DAB/DVB-T)
- Planification de la radiodiffusion évoluée (MF/TV, T-DAB/DVB-T)
- Digital Radio Mondiale (DRM).

Réseaux fixes

- Principes fondamentaux de la planification et de la coordination du service fixe et des liaisons hertziennes
- Calcul et coordination des liaisons radioélectriques (bande locale hertzienne, point à point)
- Coordination et notification des satellites.

Communications mobiles

- Principes de base de la planification des réseaux mobiles
- Radiocommunications mobiles professionnelles PMR (TETRA et TETRAPOL)
- Choix et coordination des fréquences pour le service mobile terrestre
- GSM – Principes techniques et planification du réseau radioélectrique
- UMTS – Principes techniques et planification du réseau radioélectrique.

* Fourni par LStelcom, Allemagne (Lstelcom.com).

Autres

- Données topographiques numériques: besoins, production et utilisation
- Tarification du spectre
- Enchères de spectre
- Rapports Crystal.

PIÈCE JOINTE 3

À L'ANNEXE 1

Formation à la gestion du spectre*

1 Principes de la formation

THALES, entreprise mondiale présente sur les cinq continents, exploite de nombreux systèmes de contrôle et de gestion du spectre. Elle est Membre des trois Secteurs de l'UIT.

THALES fournit un système totalement intégré de contrôle et de gestion du spectre. Ce système de gestion du spectre ainsi que le module d'interface de contrôle du spectre sont en règle générale fournis par CTS (Cril Telecom Software), éditeur français de logiciels spécialisé dans la fourniture de systèmes de gestion automatisée du spectre et de solutions logicielles pour les opérateurs de télécommunication. La formation à la gestion du spectre est en général assurée par CTS.

Les projets gérés par les deux sociétés sont en règle générale des projets clés en main qui prévoient la fourniture des plates-formes et des systèmes ainsi que les services nécessaires, par exemple l'installation, la mise en service, la migration et l'intégration des données et la formation. Grâce à leur longue expérience acquise dans la mise en oeuvre des systèmes à l'échelle mondiale les deux sociétés ont acquis des compétences précieuses et fournissent des programmes de formation personnalisés.

La formation est une composante essentielle de la mise en oeuvre d'un projet. En effet, sans formation adéquate, les opérateurs potentiels n'auraient pas nécessairement les compétences requises pour tirer pleinement parti des systèmes fournis. La formation à la gestion du spectre du système ELLIPSE est conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-R SM.1370 et répond aux besoins particuliers de chaque administration en termes de contenu et de durée. La formation peut être dispensée chez le client ou dans les locaux de la société en France. Une assistance technique doit être fournie chez les clients étant donné qu'il s'agit d'une formation et d'une assistance concrètes/en cours d'emploi, les opérateurs effectuant les tâches quotidiennes liées à la gestion du spectre.

Le système de gestion automatisée du spectre est un système d'information informatisé qui prend en charge les tâches techniques et administratives qui incomberont à l'administration chargée de la gestion du spectre. Il intègre généralement un système d'information géographique.

Par conséquent, la formation porte sur les sujets suivants:

- Tâches liées à la gestion du spectre
- Logiciels applicatifs
- Plate-forme et logiciel du système informatisés
- Administration de la base de données et du système.

Formation théorique, avec exercices pratiques, suivie d'une formation en cours d'emploi et d'une assistance technique pendant l'utilisation quotidienne du système.

La documentation pour la formation se compose du manuel destiné aux utilisateurs du spectre ainsi que de documents de formation spécifiques (brochures, documents PowerPoint, exemples pratiques).

2 Programmes de formation

Les programmes de formation complets que les compagnies peuvent proposer à une administration lors de l'installation d'une solution de gestion du spectre clés en main sont décrits en détail dans le présent paragraphe. Ils se composent de modules classiques qui sont choisis en fonction du profil des stagiaires:

* Fourni par Thales (<http://www.thalesgroup.com>) et Cril Telecom Software (CTS): (<http://www.criltelecom.com>).

- *Gestionnaires*: Personnes chargées de la gestion du projet et de la mise en service du système.
- *Utilisateurs techniques*: Ingénieurs chargés de l'ingénierie du spectre et des études de compatibilité électromagnétique (CEM) ainsi que de l'assignation des fréquences (utilisateurs des outils logiciels d'ingénierie du spectre radioélectrique).
- *Utilisateurs administratifs*: Personnes chargées des tâches administratives (par exemple traitement des demandes, facturation, établissement de rapports).
- *Administrateurs du système*: Personnes chargées de l'installation, de la supervision du système, de la sauvegarde des données et de la gestion des utilisateurs.

Des précisions sont données ci-après.

2.1 Cours de formation destinés aux gestionnaires

- Conditions préalables que doivent remplir les participants: ils doivent avoir des connaissances dans les domaines suivants:
 - Organisation de l'organe de réglementation et de ses objectifs, de sa stratégie, de ses activités courantes et futures de l'organisme de réglementation en matière de gestion du spectre.
 - Tâches administratives liées à la gestion du spectre.
 - Propagation des ondes radioélectriques, analyse des brouillages, planification des fréquences.
 - Notions de base sur l'utilisation des ordinateurs, notamment du système d'exploitation MS Windows.
- Modules de formation recommandés
 - Notions de base: base de données opérationnelle; base de données de référence, mode de mémoire, site, réseaux des stations.
 - Composantes de base: lancement du système du spectre; affichage multicouche; sélection des bases de données; mise à jour de la base de données opérationnelle par rapport à la base de données de référence; manipulation des entités techniques, configuration des modèles; couverture; impression; exportation des résultats; mise à jour de la base de données de référence par rapport à la base de données opérationnelle.
 - Gestion des services; plans de fréquences; équipements.
 - Elaboration de licences; homologation; facturation; suivi comptable.
 - Conclusion d'accords; création de types de coordination; publication et intégration des fichiers électroniques.
 - Campagne de mesures; exploitation des résultats. Utilisation du programme de rapports: interface avec la base de données relationnelle relative au spectre; élaboration de rapports; règles de protection des données.

2.2 Cours de formation destinés aux opérateurs techniques

- Conditions préalables que doivent remplir les participants: ils doivent avoir des connaissances dans les domaines suivants:
 - Organisation de l'organe de réglementation, tâches administratives liées à la gestion du spectre.
 - Propagation des ondes radioélectriques, analyse des brouillages, planification des fréquences.
 - Notions de base sur l'utilisation des ordinateurs, notamment de Windows et des systèmes de gestion de bases de données relationnelles.

- Modules de formation
 - Notions de base: base de données opérationnelle; base de données de référence, mode de mémoire, site, réseaux de stations, lancement du système du spectre; affichage multicouche; sélection des bases de données; mise à jour de la base de données opérationnelle par rapport à la base de données de référence; manipulation de la configuration des entités techniques.
 - Rapport C/I, produits d'intermodulation; modèles de propagation; adaptation des modèles; assignation des fréquences pour le service mobile terrestre. Mise en place de réseaux; mise en place de stations terriennes au sol; autorisations pour les liaisons; bilans de liaison. Analyse des brouillages entre liaisons hertziennes et entre liaisons hertziennes et stations terriennes au sol.
 - Menus; formulaires de demande; conclusions d'accords; création de types de coordination; publication et intégration de ces fichiers.
 - Gestion des services; plans de fréquences; équipements; octroi de licences; homologation; facturation; suivi comptable.
 - Campagne de mesures; exploitation des résultats. Utilisation du programme d'établissement de rapports: interface avec la base de données relationnelle relative au spectre; élaboration de rapports; règles de la protection des données.

2.3 Cours de formation destinés aux opérateurs administratifs

- Conditions que doivent remplir les participants: ils doivent avoir des compétences opérationnelles dans les domaines suivants:
 - Organisation de l'organisme de réglementation.
 - Tâches administratives liées à la gestion du spectre.
 - Notions de bases concernant l'utilisation des ordinateurs, y compris Windows, SGBDR.
- Modules de formation
 - Menus; formulaires de demande; création de dossiers; processus de suivi.
 - Gestion des services; plans de fréquences, équipements.
 - Octroi de licences; homologation; facturation; suivi comptable.
 - Conclusion d'accords; création de types de coordination; publication et intégration des fichiers électroniques.
 - Campagne de mesures; exploitation des résultats. Utilisation du programme d'établissement de rapports: interface avec la base de données relationnelle relative au spectre; élaboration de rapports; règles de protection des données.

2.4 Cours de formation destinés aux administrateurs des systèmes

- Conditions que doivent remplir les participants: ils doivent avoir des compétences opérationnelles dans les domaines suivants:
 - Systèmes d'exploitation et Windows.
 - Système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR).
 - TCP/IP, réseaux LAN, WAN.
- Modules de formation
 - Menus; formulaires de demande.
 - Notions de base concernant le système d'exploitation, la base de données, l'accès via SQL dans le cadre du système.
 - Administration du système: sauvegarde, rétablissement: gestion des droits d'accès. Utilisation du rapport Crystal: interface avec la base de données FMS du système; élaboration de rapports, règles de protection des données.

ANNEXE 2

Approche réglementaire adoptée par la CEPT concernant les dispositifs à courte portée (SRD)

1 Introduction

Les dispositifs à courte portée (SRD) jouent un rôle de plus en plus grand dans l'économie et la vie quotidienne des citoyens. Ils sont utilisés pour une vaste gamme d'applications, par exemple, la collecte de données par auto-identification ou de gestion d'articles dans des entrepôts, les systèmes de vente et logistiques, les interphones de surveillance des bébés, les ouvre-porte de garage, les systèmes hertziens de sécurité et/ou de télémétrie de données à usage privé, les systèmes de verrouillage sans clé des automobiles et des centaines d'autres types d'équipements électroniques courants reposent sur des émetteurs de ce type pour ce qui est de leur fonctionnement. Quel que soit l'instant considéré, la plupart des personnes se trouvent à quelques mètres de produits grand public utilisant des émetteurs de radiocommunication à courte portée. En raison de cette diversité, le marché des dispositifs à courte portée n'est pas un marché unique et il englobe plusieurs marchés proposant une vaste gamme d'applications qui apportent une réelle valeur économique au secteur et aux habitants de la planète en termes d'efficacité et de qualité de vie.

Les dispositifs SRD fonctionnent sur diverses fréquences et, en règle générale, leur exploitation n'est pas soumise à l'obtention d'une autorisation individuelle. A la différence des services de radiocommunication clairement définis auxquels sont attribués des bandes de fréquences, il n'y a pas de bande spécifique pour les dispositifs SRD qui doivent donc utiliser en partage des fréquences avec d'autres applications de radiocommunication sans causer de brouillages préjudiciables et sans prétendre à une protection. Pour ce faire, il faut définir un cadre réglementaire adapté garantissant une utilisation efficace du spectre.

Dans ce contexte, il semble important de prendre en considération tous les aspects particuliers liés aux dispositifs SRD afin de définir une stratégie visant à mettre en place les dispositions réglementaires les plus adéquates qui donneront une confiance suffisante aux opérateurs de systèmes SRD et garantiront la protection des services de radiocommunication.

2 Contexte des dispositifs SRD

Les applications SRD ne sont pas considérées comme un service de radiocommunication, ce qui veut dire que ces dispositifs ne bénéficient pas d'attributions de fréquences spécifiques et peuvent donc être exploités dans n'importe quelle bande de fréquences du spectre sous réserve de respecter les conditions suivantes:

- 1) Les dispositifs SRD sont exploités dans des bandes utilisées en partage et de doivent pas causer de brouillages préjudiciables aux services de radiocommunication.
- 2) Les dispositifs SRD ne peuvent pas demander à être protégé vis-à-vis des services de radiocommunication.

Ces conditions, auxquelles s'ajoute le fait que l'exploitation des dispositifs SRD est soumise la plupart du temps à un régime d'autorisation générale, expliquent pourquoi il faut définir un cadre réglementaire approprié.

La définition de dispositions réglementaires appropriées est plus complexe du fait de ces conditions particulières. On examinera dans la suite du présent document les différents problèmes rencontrés.

Utilisation en partage du spectre des fréquences et problèmes qui en découlent

Lorsque le spectre est utilisé en partage, il est important de faire la distinction entre degré d'occupation du spectre et efficacité d'utilisation du spectre. La valeur de telle ou telle bande de fréquences du spectre vient de l'utilité qu'en retirent les utilisateurs, qui n'est pas nécessairement la même que celle liée au trafic de données. Une distinction doit être faite entre deux notions, celle de l'efficacité absolue d'utilisation du spectre d'un système unique (SAE), laquelle est basée sur le volume brut de données transmises et l'efficacité d'utilisation

du spectre d'un groupe de systèmes (GSE), qui elle est plus proche de la notion d'utilité au sens large ou de service fourni. L'efficacité d'utilisation du spectre peut être définie en termes de GSE dans un environnement où des dispositifs de nature différente ou de nature similaire sont présents (ECC Report 181 [5]).

Chaque application ne peut pas avoir sa propre gamme de fréquences réservée dans un scénario de déploiement de dispositifs SRD.

Lorsque le spectre est utilisé en partage, il faut reconnaître que ce ne sont pas seulement les paramètres techniques du signal radioélectrique et le bilan de liaison qui en résulte qui sont importants. Les systèmes adaptables modernes à commutation de paquets ont des modes de fonctionnement complexes qui font intervenir non seulement la couche physique mais aussi des couches supérieures du modèle OSI pour assurer la maintenance globale du flux de communication. Idéalement, les concepteurs des systèmes ainsi que les gestionnaires du spectre devraient donc s'efforcer de prendre en compte ces aspects plus complexes pour trouver le juste équilibre entre les degrés de robustesse opérationnelle des systèmes considérés.

L'un des paramètres d'exploitation les plus importants pour cette catégorie de systèmes est le temps de latence, c'est-à-dire le temps d'attente maximal acceptable pour l'acheminement d'un paquet/message; ce paramètre, en règle générale, ne peut pas être déduit d'un simple examen technique du bilan de la liaison utile vis-à-vis du brouillage. Par conséquent, le temps de latence tout comme d'autres paramètres/grandeurs similaires devront peut-être être pris en considération pour la planification du spectre dans les bandes utilisées en partage.

Une autre conclusion est que, en présence d'applications différentes, une analyse basée sur une simple probabilité de brouillage ne suffit pas. Une analyse de compatibilité, dans un environnement neutre du point de vue des applications, nécessitera donc une analyse plus approfondie des deux couches inférieures du modèle OSI, essentiellement dans le domaine temporel, que l'analyse actuellement faite dans des situations où les applications sont définies.

La Recommandation UIT-R SM.1046-2 [9] définit une méthode qui devrait être utilisée pour comparer des systèmes similaires. Il est difficile d'appliquer cette méthode directement aux bandes SRD dans lesquelles des applications très diverses utilisent en partage les mêmes fréquences. Le passage à la neutralité du point de vue des applications dans la réglementation du spectre (par exemple pour encourager l'innovation) rendra encore plus complexe l'application des procédures prévues dans la Recommandation UIT-R SM.1046-2. La CEPT a examiné ces problèmes dans le Rapport ECC 181 [5] publié en 2012.

Régime d'autorisation générale et problèmes qui en découlent

Appliquer un régime d'autorisation générale pour les dispositifs SRD signifie que, normalement, aucune coordination n'est nécessaire, que les administrations n'ont pas à se préoccuper d'octroyer des licences individuelles aux dispositifs SRD et que l'intention n'est pas non plus de limiter le nombre d'utilisateurs. Toutefois, une conséquence immédiate est que le régulateur ne dispose pas d'informations exactes concernant les fréquences précises utilisées et les densités réelles d'utilisation. La mise en place de nouvelles restrictions, qu'il s'agisse de restrictions techniques supplémentaires ou d'autres conditions d'autorisation à un stade ultérieur (par exemple après des problèmes de brouillage), peut être difficile. L'imposition de nouvelles exigences techniques concernant les dispositifs SRD, pour faire face à ces problèmes de brouillage, peut se faire dans le cadre de normes internationales mais les effets réels sur les marchés ne se feront pas sentir avant plusieurs années et les équipements déjà commercialisés ne seront pas touchés par les changements qui pourront intervenir dans les versions ultérieures de ces différentes normes.

Enfin, il faut noter que les dispositifs à courte portée peuvent être des produits grand public que l'on peut facilement prendre avec soi et utiliser au-delà des frontières; les conditions d'accès au spectre différentes d'un pays à un autre freinent leur libre circulation, augmentent leurs coûts de production et créent des risques de brouillages préjudiciables pour d'autres applications et services de radiocommunication.

3 Projet européen pour la définition d'une réglementation relative aux dispositifs SRD

Cadre de coopération reposant sur les liens entre la Commission européenne, l'ETSI, et la CEPT/ECC

La Commission européenne, l'ETSI et le Comité des communications électroniques (ECC) de la CEPT sont impliqués dans le processus de coopération concernant les décisions relatives à la gestion du spectre dans la mesure où ces organes établissent des normes et prennent des décisions de nature réglementaire.

Le Mémoire d'accord conclu entre la CEPT et l'ETSI décrit le processus de coopération qui s'applique pour l'élaboration de normes européennes harmonisées et pour les décisions du Comité (ou à d'autres documents de ce Comité). Ce processus vise à faciliter l'accès au spectre pour de nouvelles applications que l'ETSI envisage de mettre en oeuvre. Selon ce Mémoire d'accord, toute modification d'une norme européenne harmonisée qui entraînerait une modification de documents du Comité des communications électroniques devrait aboutir à un processus de coordination entre les deux organes. Il en irait de même si le Comité envisage une modification de ses règlements qui entraînerait une modification des normes européennes harmonisées.

Les normes européennes harmonisées sont adoptées par consensus entre les administrations et le secteur et font l'objet d'un vote public organisé par les organismes de normalisation nationaux. Une fois ces normes adoptées, la Commission les publie dans le Journal officiel de l'Union européenne (OJEU) sans autre intervention sauf dans des cas exceptionnels.

Les documents de la CEPT/ECC peuvent être adoptés volontairement par les administrations membres de la CEPT à l'issue d'une consultation publique. En outre, lorsque la mesure d'harmonisation relève du mandat de la Commission, un Rapport de la CEPT est soumis à la Commission européenne qui propose des mesures d'harmonisation fondées sur le processus décisionnel concernant le spectre. La mise en oeuvre des mesures d'harmonisation basées sur les décisions de la Commission européenne est obligatoire pour les Etats Membres de l'Union européenne.

Rôle de l'ETSI dans la réglementation des dispositifs SRD

L'ETSI est chargé d'élaborer des normes européennes harmonisées pour les télécommunications et les équipements de radiocommunication. Ces normes qui sont utilisées à des fins réglementaires sont appelées Normes européennes (avec le préfixe EN).

Les normes européennes applicables aux équipements de radiocommunication contiennent des spécifications visant à garantir une utilisation efficace du spectre et à éviter les brouillages préjudiciables. Ces normes peuvent être utilisées par les équipementiers pour l'évaluation de la conformité. L'application des normes européennes harmonisées élaborées par l'ETSI n'est pas obligatoire mais, lorsqu'elles ne sont pas appliquées, un organisme agréé doit être consulté. Les organismes nationaux de normalisation des Etats Membres de l'Union européenne sont tenus, aux termes de la législation européenne, de transposer les normes européennes relatives aux télécommunications (ETS ou EN) dans leurs législations nationales respectives et de supprimer les normes nationales qui pourraient être incompatibles.

En ce qui concerne les dispositifs SRD, l'ETSI a élaboré quatre normes génériques (EN 300 220; EN 300 330, EN 300 440 et EN 305 550) et un certain nombre de normes spécifiques couvrant des applications particulières.

Réglementation de la CEPT relative aux dispositifs SRD en Europe

La Recommandation 70-03 du CER de la CEPT et la Décision 2006/771/CE de la CE (ainsi que les amendements ultérieurs) relatives aux dispositifs SRD donnent une liste des bandes disponibles pour les dispositifs SRD et précisent les conditions d'utilisation. En plus de cette liste et des conditions d'utilisation on trouvera aussi dans ces documents des définitions des applications pertinentes.

Dans le cadre du mandat permanent de la Commission européenne, la CEPT est chargée de mettre à jour régulièrement l'Annexe technique de la Décision 2006/771/EC de la Commission européenne.

Les travaux de la CEPT garantissent que les parties prenantes et l'ETSI ont mis à disposition suffisamment d'informations pour la réalisation des études de compatibilité. Les documents de référence système de l'ETSI (SRdoc) normalement déclenchent le processus ou y contribuent en apportant des informations précieuses

permettant de déterminer les paramètres d'entrée pour ces études. En outre, les groupes spéciaux d'experts de l'ETSI (STF) peuvent eux aussi apporter de nouvelles informations. Ainsi est mis en place un processus de réglementation conjointe auquel participent les administrations, l'industrie et les opérateurs/utilisateurs afin de trouver l'approche réglementaire qui convient le mieux pour les applications SRD.

- *Recommandation CEPT/ERC/REC 70-03 – relative à l'utilisation des dispositifs à courte portée (SRD)*

Cette Recommandation (<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF>) expose la position générale des Etats Membres de la CEPT concernant les attributions de spectre communes pour les SRD. Elle est destinée à être utilisée comme document de référence par les pays membres de la CEPT qui veulent élaborer leur législation nationale. La Recommandation décrit les exigences en matière de gestion du spectre et les spécifications techniques applicables aux dispositifs SRD. Elle comprend des liens vers tous les documents de référence applicables, par exemple les Rapports de la CEPT/ECC, les Décisions de la CEPT/ECC et de la CE ainsi que les normes européennes harmonisées.

Cette approche particulière décrite dans la Recommandation CEPT/ERC/REC 70-03 est un bon exemple de l'utilisation que fait la CEPT d'une «harmonisation non contraignante» selon laquelle les services existants restent protégés dans la mesure où les administrations nationales l'estiment nécessaire, étant entendu le développement harmonisé de nouveaux services est possible dans la majorité des pays européens. Le succès de la Recommandation 70-03 tient beaucoup à cette «harmonisation non contraignante» qui est beaucoup plus rapide à mettre en place qu'un processus d'harmonisation centralisé plus rigide pour les applications SRD pour lesquelles les mesures à prendre pour répondre à l'intérêt important mais limité manifesté par les opérateurs en place risquent de bloquer ou de retarder les possibilités d'utilisation du spectre par les dispositifs SRD.

- *Informations au niveau européen sur les SRD dans l'EFIS*

La Recommandation 70-03 de l'ERC (y compris les informations de mise en oeuvre au niveau national) est disponible en format données dans le d'information sur les fréquences de l'ECO (www.efis.dk).

On trouvera des informations sur les dispositifs SRD sous le lien: EFIS SRD Regulations. Ces informations peuvent être exportées en format csv (excel).

Le tableau européen des attributions communes est également intégré dans l'EFIS et peut être téléchargé (il suffit de sélectionner ECA dans la base de données [EFIS](#)). Il contient toutes les mesures d'harmonisation prises par la CEE concernant les dispositifs SRD et les normes européennes harmonisées applicables de l'ETSI.

Procédure générale

Une procédure claire est mise en place pour définir une nouvelle réglementation relative aux dispositifs SRD qui a pour point de départ les demandes officielles qui devront être examinées par la CEPT. Ces demandes peuvent émaner de l'industrie, souvent par l'intermédiaire de l'ETSI document de référence système, ou d'administrations qui ont défini un besoin bien particulier pour une nouvelle application.

Un «document de référence système» est habituellement produit pour une nouvelle application SRD ou une modification d'une disposition réglementaire existante concernant les SRD. Il doit comprendre une description technique du marché et des conditions de partage du spectre que les pays de la CEPT peuvent utiliser dans leur examen des questions de réglementation et de compatibilité en ce qui concerne le spectre. La CEPT examine ces demandes, les évalue sur le plan de la compatibilité et de la réglementation et recommande les mesures à prendre ultérieurement. Toute recommandation concernant une modification de la Recommandation of ERC/REC 70-03, qui est provisoirement adoptée fait l'objet d'un processus de consultation publique suivie de commentaires avant l'approbation finale pour publication.

Parallèlement au processus de la CEPT décrit ci-dessus, l'ETSI élabore généralement une norme européenne harmonisée (HEN) pour l'application SRD considérée. Tout au long de ce processus, l'ETSI restera en liaison avec la CEPT pour avoir des informations concernant les conditions d'exploitation appropriées afin de garantir la compatibilité avec les services existants.

Les avantages de ce processus réglementaire sont notamment les suivants:

- 1) des points d'entrée dans le processus définis pour l'industrie;
- 2) des études neutres:
 - compatibilité avec les utilisateurs existants;
 - utilisation maximale/efficace du spectre;
 - fiabilité du fonctionnement des nouvelles applications en définissant les conditions d'exploitation appropriées;
- 3) consultation publique destinée à faciliter le processus de mise en oeuvre nationale.

La politique de la CEE vise à améliorer l'efficacité du processus réglementaire, en particulier des études de compatibilité, ainsi qu'à mettre en place un processus rapide de désignation des fréquences et donner davantage d'assurances à l'industrie. Dans cette optique, il est essentiel d'encourager l'industrie à fournir des études préliminaires sur le spectre à l'appui de ses propositions.

Pour adapter le processus réglementaire aux situations concrètes, il faut tenir compte des éléments suivants:

- 1) Le processus global est long et prend du temps; il faut donc définir des délais pour la réalisation des différentes tâches de cette approche réglementaire. Sinon il risque d'y avoir un décalage avec le cycle de vie court de certains produits SRD. Il faut éviter une micro gestion, une par une, des différentes applications SRD et/ou des bandes de fréquences très petites. Le fait de regrouper des demandes/des applications SRD similaires contribuera aussi à éviter une fragmentation des bandes de fréquences.
- 2) Il faut éviter de trop insister sur la protection des applications SRD existantes. Il faut s'efforcer de trouver un juste équilibre entre les nouvelles applications SRD et les applications existantes dans une bande de fréquences et la règle d'or doit être celle de l'équité d'accès au spectre.
- 3) La recherche du plus faible dénominateur commun entre les parties prenantes comme solution de compromis doit être évitée; elle ne satisfait personne. La solution réglementaire retenue doit permettre de satisfaire les besoins des applications SRD. Si nécessaire, il convient d'envisager différentes bandes de fréquences, si les résultats en ce qui concerne la compatibilité des fréquences sont négatifs.

4 Principes et stratégie adoptés par la CEPT pour l'élaboration d'une réglementation sur les dispositifs SRD

La notion de dispositif SRD s'inscrit dans un processus commun.

Les principes et la stratégie ont été exposées dans les Rapports 14 et 44 [2, 3] de la CEPT ainsi que dans le Rapport ECC 11 [4].

Toutes les demandes concernant les applications SRD doivent faire l'objet d'une description détaillée .

Pour définir les conditions de partage en vue d'une utilisation efficace spectre, pour une bande de fréquences et une application particulières, il faut habituellement réaliser des études de compatibilité approfondies afin de garantir qu'une telle nouvelle utilisation collective du spectre (voir [7]) ne se fera pas au détriment des utilisateurs titulaires d'une licence. Par conséquent, toutes les nouvelles demandes concernant une application SRD sont subordonnées à des études de compatibilité visant à définir un schéma de partage et un régime d'octroi de licence. L'environnement réglementaire pour l'application SRD devrait fournir des indications claires concernant les obligations imposées aux dispositifs ainsi que leur comportement.

Deux types d'application pourraient être envisagés pour les SRD:

- a) une application générique;
- b) une application spécifique.

L'avantage de l'approche générique est que la réglementation reste ouverte aux évolutions des applications SRD, ce qui encourage l'innovation.

Si l'on opte pour une approche spécifique dans une bande, on pourra mieux estimer le nombre de dispositifs et prévoir avec plus de fiabilité les scénarios de brouillage, le plus souvent lorsque des niveaux de puissance plus élevés que ceux qui sont habituellement utilisés pour les applications SRD génériques sont nécessaires.

Un problème avec cette approche est de définir avec exactitude la catégorie de l'application SRD pour s'assurer que la densité d'utilisation des dispositifs SRD dans la bande de fréquences est maîtrisée.

Approche technique

On dispose d'une grande liberté pour choisir la configuration technique de tous les systèmes de radiocommunication. Le choix des systèmes de modulation, des protocoles de correction d'erreur et d'établissement des liaisons, les choix concernant la robustesse, le temps de latence et l'application sont ceux de l'équipementier. Toutefois, pour déterminer la bande de fréquences de fonctionnement appropriée, les administrations doivent envisager de grouper différentes applications SRD pour encourager une utilisation collective et efficace du spectre.

Principe de neutralité

Selon toute vraisemblance, au nom du même principe de neutralité technologique, on aura tendance à grouper les utilisateurs non pas en fonction de l'application mais en fonction du type de signal transmis. Cette approche vient conforter le principe de tranches de spectre «communes» qui ne seraient pas spécifiquement dédiées à une application mais qui seraient accessibles aux utilisateurs obéissant à des règles d'accès communes, par exemple celle selon laquelle l'accès à une sous bande de fréquences dépendra d'un certain nombre de paramètres comme la puissance, le coefficient d'utilisation, la longueur de la transmission et la méthode d'accès au spectre.

Les applications se rapportant à des catégories de dispositifs SRD ou à des types de dispositifs SRD qui effectuent une tâche particulière, dans le cadre d'un système de base installé, sont décrites dans un ou plusieurs documents de référence (y compris le scénario d'utilisation de ces types de dispositifs) et/ou des normes harmonisés propres à telle ou telle application.

En tant que telles, les applications SRD sont définies comme des domaines ou des sphères d'utilisation et sont subdivisées en applications générales (tous les domaines d'utilisation) et en applications spécifiques (domaines d'utilisation spécifiques) pour lesquelles divers scénarios d'utilisation et diverses densités d'utilisation ont été pris pour hypothèse dans les études de comptabilité du spectre. Le terme «application» ne doit pas être compris comme étant un domaine spécifique d'une technologie.

Le principe de neutralité pour ce qui est des applications signifie l'abandon de la pratique consistant à subdiviser les bandes en sous bandes attribuées spécifiquement à telle ou elle application SRD (décrite dans le Rapport 44 [3] de la CEPT). Dans un souci d'efficacité technique, une autre solution acceptable pourrait être de subdiviser les bandes en sous bandes en fonction d'objectifs techniques – par exemple grande fiabilité, faible temps de latence ou bien haut débit. Il faudrait alors définir plus en détail les critères techniques d'accès au spectre, ce qui pourrait nuire au principe de neutralité technologique.

Toutefois, la relation entre l'accès au spectre et la fonctionnalité telle qu'elle est perçue varie d'une application à l'autre même si les paramètres des signaux sont identiques. Par conséquent, cette solution n'est valable que si la bonne technologie en termes de temps de latence, de fiabilité ou de largeur de bande de données est décrite pour tous les types d'applications dans le même environnement. Une neutralité totale du point de vue des applications n'est peut-être pas un objectif atteignable et il convient d'être prudent

Neutralité technologique

Les définitions de la neutralité technologique varient selon les domaines de la technologie et dans le domaine des communications électroniques elle est habituellement définie comme suit: «le fait que la réglementation ne devrait ni imposer ni supposer l'utilisation d'une technologie particulière». Pour les dispositifs SRD, cette définition se lit à deux niveaux «imposer» comme dans la réglementation et «supposer» comme dans les normes.

Le principe de neutralité technologique est plus difficile à atteindre et, au niveau de la réglementation, peut donc parfois se faire au détriment de l'efficacité d'utilisation du spectre. Il devrait toutefois rester possible de formuler la réglementation de façon à n'autoriser que la modulation analogique ou numérique ou certaines largeurs de bande. Dans la plupart des cas toutefois il est nécessaire de fixer des conditions techniques particulières pour que le partage du spectre soit possible; il est donc difficile de concilier neutralité technologique et efficacité d'utilisation du spectre. Pour faciliter l'introduction de nouvelles technologies le principe de neutralité technologique devrait être appliqué dans toute la mesure possible

La neutralité technologique est un objectif souhaitable mais cet objectif ne peut être véritablement atteint que si les applications bénéficient d'un accès équitable au spectre et si les exigences les concernant sont les mêmes. En outre, il y a contradiction entre le principe d'efficacité d'utilisation du spectre et le principe de neutralité technologique si on ne définit aucune condition technique contraignante pour tous les dispositifs fonctionnant dans un certain environnement.

Environnement de partage prévisible

Il s'agit là d'un deuxième niveau de compatibilité (partage intra SRD) qui doit être défini pour que les dispositifs SRD bénéficient d'un accès équitable aux bandes de fréquences; ces dispositifs doivent donc se protéger les uns les autres (au lieu d'être protégés par le régulateur). Les règles de partage édictées dans la réglementation relative au spectre représentent les conditions dans lesquelles les dispositifs SRD devront fonctionner. Les conditions seront différentes pour différentes catégories de dispositifs SRD. L'existence de règles appropriées en matière d'accès au spectre contribue à la prévisibilité des conditions de partage.

Un environnement de partage prévisible suppose un même fonctionnement des équipements et des systèmes de communication, des règles communes assorties de paramètres techniques et de techniques de limitation des brouillages bien définis afin de garantir de meilleures conditions de partage dans une bande de fréquences donnée.

Il ressort clairement des critères fixés par l'industrie en ce qui concerne le spectre que certains services ou certaines nouvelles fonctions, par exemple les applications liées à la sécurité, auront peut-être besoin d'un environnement de partage plus prévisible que celui fourni par les techniques de limitation des brouillages classiques. On devrait examiner, dans le cadre des études de compatibilité, les différents scénarios de combinaison de services nécessitant un environnement de partage prévisible afin de trouver une solution acceptable.

Autre solution, en définissant avec soin les paramètres techniques et les techniques de limitation des brouillages il est possible de créer un environnement de partage prévisible pour l'ensemble de la bande qui pourrait s'appliquer à tous les dispositifs SRD.

Considérations relatives aux techniques de limitation des brouillages

Pour garantir une utilisation efficace du spectre dans le cas où différentes applications SRD utilisent en partage les mêmes bandes de fréquences, il faut recourir systématiquement à des techniques de limitation des brouillages: restrictions particulières concernant le coefficient d'utilisation technique LBT (écouter avant d'émettre), adaptation de fréquences et mécanismes de détection et d'évitement. On peut aussi envisager d'autres technologies plus sophistiquées, par exemple des spécifications de coexistence communes mises en oeuvre par différentes applications/catégories SRD bénéficiant d'un accès au spectre. La plupart des techniques de limitation des brouillages supposent l'existence de spécifications claires dans des normes internationales afin que les administrations puissent les utiliser dans leur approche réglementaire.

Adapter le régime d'autorisation individuelle dans des cas particuliers

Les dispositifs SRD sont habituellement assujettis à un régime d'autorisation générale mais des autorisations individuelles pourraient aussi être envisagées. Ce type d'autorisation peut être particulièrement intéressant dans le cas de régimes d'autorisation "peu contraignants", par exemple lorsqu'une coordination est nécessaire avec l'utilisateur existant ou dans le cas où un utilisateur particulier (et titulaire d'une licence) fixe les conditions d'accès.

Dans le cas des dispositifs SRD le régime d'octroi de licences présente un inconvénient: si des utilisateurs bénéficiant d'une licence individuelle délivrée par le régulateur ont les moyens de lutter contre les brouillages

préjudiciables, l'utilisateur d'un dispositif SRD n'aura pas vraisemblablement cette possibilité auprès du régulateur auprès du fabricant de l'équipement (à moins que les brouillages ne soient causés par des transmissions illicites).

Un tel régime ne pourrait être appliqué qu'à des applications SRD spécifiques et bien définies.

Responsabilité des fabricants

En dernière analyse, c'est aux fabricants que revient la responsabilité de construire des dispositifs à courte portée qui puissent être protégés contre les brouillages préjudiciables et réduire au strict minimum les brouillages qui pourraient être causés par des services de radiocommunications et d'autres dispositifs à courte portée fonctionnant dans le même environnement. Cela doit être noté, en particulier pour les dispositifs SRD pour lesquels les utilisateurs ont des exigences élevées en termes de temps de latence, de débit, de prévisibilité ou de fiabilité des liaisons de communication hertziennes. En pareil cas, le recours à des techniques adaptatives permettant « d'échapper » aux brouillages ou la définition de conditions particulières d'utilisation de bande de fréquences peuvent constituer des solutions.

Références

- [1] Recommendation ERC/REC/70-03, Relating to the Use of Short Range Devices (SRD), Tromsø 1997 and Subsequent amendments.
- [2] CEPT Report 014, «Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to Develop a strategy to improve the effectiveness and flexibility of spectrum availability for Short Range Devices (SRDs)», July 2006.
- [3] CEPT Report 44, «In response to the EC Permanent Mandate on the Annual update of the technical annex of the Commission Decision on the technical harmonisation of radio spectrum for use by short range devices», Report approved on 8 March 2013 by the ECC.
- [4] ECC Report 011, «Strategic plans for the future use of the frequency bands 862-870 MHz and 2400-2483.5 MHz for short range devices», Helsinki, May 2002.
- [5] ECC Report 181, «Improving spectrum efficiency in the SRD bands», September 2012.
- [6] Radio Spectrum Policy Group Opinion on «streamlining the regulatory environment for the use of spectrum», 19 November 2008.
- [7] Radio Spectrum Policy Group, «Report on Collective Use of Spectrum (CUS) and other spectrum sharing approaches», November 2011.
- [8] COMMISSION DECISION 2006/771/EC of 9 November 2006 on harmonisation of the radio spectrum for use by short-range devices and subsequent amendments (2009/812/EC, 2010/368/EU, 2013/752/EU).
- [9] Recommendation UIT-R SM.1046-2 – Définitions du facteur d'utilisation du spectre et de l'efficacité d'utilisation du spectre d'un système radioélectrique.

ANNEXE 3

Meilleures pratiques pour la gestion nationale du spectre

Introduction

Compte dûment tenu des dispositions de la Constitution et de la Convention de l'UIT, les meilleures pratiques relatives aux activités de gestion nationale du spectre sont énoncées dans la présente Annexe. Les pratiques internationales n'y figurent pas. Toutefois, certaines des meilleures pratiques énoncées ci-après deviendront des pratiques internationales, par exemple celles concernant la collaboration avec des collègues d'autres pays ou la coordination ou celle qui serait effectuée lors d'une consultation bilatérale ou multilatérale avant une conférence mondiale des radiocommunications ou à une réunion internationale sur la coordination des satellites. Ces pratiques sont en outre destinées à harmoniser les politiques de gestion du spectre au niveau mondial, dans la mesure du possible, en alignant les pratiques d'une administration à une autre.

Pratiques:

- 1) Créer et gérer une organisation de gestion nationale du spectre indépendante ou relevant de l'autorité de réglementation des télécommunications chargée de la gestion du spectre des fréquences radioélectriques dans l'intérêt public.
- 2) Promouvoir des politiques de gestion du spectre transparentes, équitables, efficaces et efficientes d'un point de vue économique, en d'autres termes réglementer l'utilisation efficace et adéquate du spectre compte dûment tenu de la nécessité d'éviter les brouillages préjudiciables et des restrictions techniques qui pourraient être imposées pour sauvegarder l'intérêt public.
- 3) Rendre publics, chaque fois que cela est possible, les plans nationaux d'attribution des fréquences ainsi que les données relatives aux assignations de fréquence afin d'encourager l'ouverture et de faciliter le développement de nouveaux systèmes de radiocommunication, en d'autres termes organiser des consultations publiques sur les modifications qu'il est proposé d'apporter aux plans nationaux d'attribution des fréquences et sur les décisions de gestion du spectre susceptibles d'affecter les fournisseurs de services afin que les parties intéressées puissent participer au processus de prise de décisions.
- 4) Maintenir un processus de prise de décisions stable permettant de tenir compte de l'intérêt public dans la gestion du spectre des fréquences radioélectriques, en d'autres termes donner des garanties juridiques en mettant en place des processus d'octroi de licences pour l'utilisation du spectre, transparents et équitables, éventuellement dans le cadre des mécanismes compétitifs.
- 5) Prévoir dans le processus national, pour des cas particuliers qui le justifient, des exceptions ou des dérogations aux décisions prises sur la gestion du spectre.
- 6) Prévoir un processus de réexamen des décisions en matière de gestion du spectre.
- 7) Réduire au minimum les réglementations inutiles.
- 8) Encourager la mise en place de politiques des radiocommunications conduisant, dans la mesure du possible, à une utilisation souple du spectre afin de favoriser l'évolution des services¹ et des technologies en utilisant des méthodes clairement définies, c'est-à-dire:
 - a) éliminer les obstacles réglementaires et attribuer les fréquences de manière à faciliter l'arrivée de nouveaux concurrents sur le marché;
 - b) encourager l'efficacité dans l'utilisation du spectre en limitant ou en supprimant les restrictions à l'utilisation du spectre qui sont inutiles, ce qui favorise le jeu de la concurrence et a des retombées positives pour les consommateurs; et

¹ Dans le présent Manuel, par «services» on entend des applications et des services de radiocommunication reconnus.

- c) encourager l'innovation et l'adoption de nouvelles applications et de nouvelles technologies radioélectriques.
- 9) Faire en sorte que la concurrence sur les marchés des équipements et des services soit ouverte et équitable et lever tous les obstacles à une telle concurrence.
 - 10) Harmoniser, autant que faire se peut, des politiques d'utilisation du spectre, efficaces aux niveaux national et international, notamment pour l'utilisation des fréquences radioélectriques, les services spatiaux, les positions orbitales associées sur l'orbite des satellites géostationnaires et pour les caractéristiques associées des satellites sur d'autres orbites.
 - 11) Travailler en collaboration avec les collègues aux niveaux régional et international afin d'élaborer des pratiques réglementaires coordonnées, en d'autres termes travailler en collaboration avec les autorités réglementaires d'autres régions ou d'autres pays afin d'éviter les brouillages préjudiciables.
 - 12) Lever les obstacles réglementaires à la libre circulation et à l'itinérance mondiale des terminaux mobiles et autres équipements de radiocommunication similaires.
 - 13) Utiliser les formats et les éléments de données recommandés au niveau international pour l'échange de données et la coordination, par exemple ceux figurant dans l'Appendice 4 du RR et dans le Dictionnaire de données de radiocommunications. (Recommandation UIT-R SM.1413).
 - 14) Définir des étapes et des phases pour la gestion afin de suivre et de contrôler la mise en oeuvre.
 - 15) Adopter des décisions technologiquement neutres qui permettent une évolution vers de nouvelles applications dans le domaine des radiocommunications.
 - 16) Faciliter l'adoption dans les meilleurs délais de nouvelles applications et de nouvelles technologies tout en protégeant les services existants contre les brouillages préjudiciables et prévoir, si nécessaire, la mise en place d'un mécanisme de compensation pour les systèmes qui doivent être redéployés afin de répondre à de nouveaux besoins de spectre.
 - 17) Mettre en place des politiques efficaces permettant de limiter les préjudices que subissent les utilisateurs des services existants lorsque le spectre est réattribué.
 - 18) Lorsque les fréquences disponibles sont rares, encourager un partage du spectre en utilisant les techniques disponibles (partage fréquentiel, temporel, spatial, codage par modulation, traitement, etc.) et utiliser des techniques de limitation des brouillages ainsi que des incitations économiques, dans la mesure du possible.
 - 19) Utiliser des mécanismes de coercition si nécessaire, par exemple appliquer des sanctions en cas de non-respect des obligations ou d'utilisation inefficace du spectre des fréquences radioélectriques, dans le cadre des procédures d'appel pertinentes.
 - 20) Appliquer les normes régionales ou internationales chaque fois que cela est possible et, le cas échéant, en tenir compte dans les normes nationales.
 - 21) Se servir, dans la mesure du possible, des normes de l'industrie, y compris de celles reprises dans les Recommandations de l'UIT, en lieu et place des réglementations nationales.

Union
internationale
des télécommunications
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN 978-92-61-18792-7

SAP id

3 9 9 2 4



Imprimé en Suisse

Genève, 2016

Crédits photos: Shutterstock