

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2405-0
(06/2017)

Principes de gestion du spectre, problèmes et enjeux liés à l'accès dynamique aux bandes de fréquences au moyen de systèmes de radiocommunication employant des fonctionnalités cognitives

Série SM
Gestion du spectre



Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Rapports UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2017

© UIT 2017

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

RAPPORT UIT-R SM.2405-0

Principes de gestion du spectre, problèmes et enjeux liés à l'accès dynamique aux bandes de fréquences au moyen de systèmes de radiocommunication employant des fonctionnalités cognitives

(2017)

Domaine d'application

Le présent Rapport porte sur les principes, problèmes et questions connexes de gestion du spectre ainsi que sur les possibles techniques dans le domaine de l'ingénierie du spectre, qui peuvent faciliter l'accès dynamique au spectre au moyen de systèmes de radiocommunication faisant appel à des capacités de système de radiocommunication cognitif (CRS). Il vise à étudier le cadre général pour les techniques d'accès dynamique au spectre utilisant des capacités des capacités CRS et à décrire certaines des difficultés et des questions associées à ces techniques qui ont été identifiées à ce jour. A moins qu'elles ne servent d'exemple pour illustrer des questions précises, les études visant à mettre en oeuvre l'accès dynamique au spectre pour un service donné fonctionnant dans une bande de fréquences donnée ne relèvent pas du présent Rapport.

Etant donné que les systèmes CRS sont de plus en plus souvent présentés comme une solution adaptée pour garantir la protection des services existants dans une bande donnée lorsque l'accès dynamique au spectre est mis en oeuvre, le présent Rapport traite des difficultés et des questions connexes qui se posent inévitablement dans le cadre des activités en amont incombant aux administrations.

Aux fins du présent Rapport, élaboré en application de la Résolution UIT-R 58-1, on entend par accès dynamique au spectre l'utilisation d'une partie du spectre qui n'est pas utilisée à un moment donné et dans une zone géographique donnée et peut être disponible pour une application de radiocommunication, fonctionnant conformément au Règlement des radiocommunications. Conformément à la Résolution UIT-R 58, les systèmes de radiocommunication utilisant les principes et les techniques décrits dans le présent Rapport doivent en outre garantir la protection des services existants utilisant la même bande en partage ou fonctionnant dans les bandes adjacentes.

Table des matières

Page

1	Introduction	5
2	Définition.....	6
3	Recommandations et Rapports UIT-R connexes.....	6
4	Considérations générales relatives à l'utilisation de l'accès dynamique au spectre au moyen de systèmes CRS.....	7
4.1	Ressources spectrales disponibles pouvant être utilisées pour l'accès dynamique au spectre au moyen de systèmes CRS	7
4.2	Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes CRS.....	7
4.3	Capacités cognitives des systèmes CRS	7
5	Considérations générales relatives aux principaux éléments de réseau permettant l'accès DSA.....	9
5.1	Géolocalisation avec accès à des bases de données.....	9
5.2	Détection du spectre	9
6	Questions et difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à l'utilisation de l'accès DSA.....	9
6.1	Considérations générales relatives aux questions et aux difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à l'utilisation de l'accès DSA	9
6.2	Questions et difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à la coordination transfrontière.....	12
6.3	Questions et difficultés associées à l'utilisation de technologies de détection pour mesurer l'occupation du spectre	12
6.4	Questions et difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à la mise en oeuvre d'une application fondée sur l'accès DSA	13
	Annexe 1 – Modèle de système cognitif utilisant une base de données de géolocalisation	16
	Annexe 2 – Technologies de détection	20
	Annexe 3 – Caractéristiques et/ou critères de protection des services de radiocommunication dont les attributions de fréquence peuvent être utilisées par des systèmes CRS	23
	Annexe 4 – Etudes sur les systèmes de radiocommunication cognitifs en Europe	31
	Annexe 5 – Etudes menées par la Fédération de Russie sur les fréquences temporairement non utilisées/non occupées dans les bandes attribuées au service de radiodiffusion	34

Annexe 6 – Travaux de recherche sur l'accès dynamique au spectre pour les systèmes de radiocommunication cognitifs en Chine.....	43
Annexe 7 – Expérience d'ATDI concernant les calculs TVWS.....	49
Annexe 8 – Etudes de cas au Botswana.....	56
Annexe 9 – Etudes de cas aux Philippines.....	62
Annexe 10 – Etudes de cas en Corée (République de)	69
1 Introduction	69
2 Mesures réglementaires récentes	70
3 Projets pilotes TVWS	71
4 Conclusions	75

Acronymes et abréviations

ACS	sélectivité vis-à-vis du canal adjacent (<i>adjacent channel selectivity</i>)
ADC	convertisseur analogique à numérique (<i>analog to digital converter</i>)
BIH	Pôle d'innovation du Botswana (<i>Botswana Innovation Hub</i>)
BOCRA	Autorité de régulation des communications du Botswana (<i>Botswana Communications Regulatory Authority</i>)
BS	station de base (<i>base station</i>)
C/I	rapport porteuse/brouillage (<i>carrier to interference</i>)
CCTV	télévision en circuit fermé (<i>closed circuit television</i>)
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications (UIT)
CPE	équipement des locaux d'abonné ou équipements fournis par le client (<i>customer premises equipment</i> ou <i>customer provided equipment</i>)
CRS	systèmes de radiocommunication cognitifs (<i>cognitive radio systems</i>)
dB	décibel
dBd	dB par rapport à une antenne dipôle
dB _i	dB par rapport à une antenne isotrope
dBm	dB pour 1 milliwatt
dB _r	dB par rapport à la puissance de crête
dBW	dB pour 1 Watt
DFS	sélection dynamique de la fréquence (<i>dynamic frequency selection</i>)
DSA	accès dynamique au spectre (<i>dynamic spectrum access</i>)

DSAD	dispositif d'accès dynamique au spectre (<i>dynamic spectrum access device</i>)
DTT	télévision numérique de Terre (<i>digital terrestrial television</i>)
DVB-T	radiodiffusion vidéo numérique de Terre (<i>digital video broadcasting – terrestrial</i>)
ECC	Comité des communications électroniques (CEPT) (<i>electronic communication committee</i>)
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication (<i>European Telecommunications Standards Institute</i>)
GBS	Global Broadband Solution
GPS	système mondial de positionnement (<i>global positioning system</i>)
I/N	rapport brouillage/bruit (<i>interference to noise</i>)
ID	IDentification
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMT	télécommunications mobiles internationales (<i>international mobile telecommunications</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet Protocol</i>)
LoS	visibilité directe (<i>line of sight</i>)
LTE	évolution à long terme (<i>long term evolution</i>)
MIMO	entrées multiples, sorties multiples (<i>multiple input multiple output</i>)
NLoS	sans visibilité directe (<i>non-line of sight</i>)
NRA	autorités nationales de régulation (<i>national regulatory authority</i>)
p.a.r.	puissance apparente rayonnée
p.i.r.e.	puissance isotrope rayonnée équivalente
P-MP	point à multipoint
PMSE	réalisation de programmes et événements spéciaux (<i>program making and special event</i>)
P-P	point à point
RR	Règlement des radiocommunications (UIT)
SETS	service d'exploration de la Terre par satellite
SFS	service fixe par satellite
SMS	service mobile par satellite
SNR	rapport signal/bruit (<i>signal to noise ratio</i>)
SRD	dispositifs à courte portée (<i>short range device</i>)
SRNA	service de radionavigation aéronautique
SRNS	service de radionavigation par satellite
SRRS	service de radiorepérage par satellite
SRS	service de radiodiffusion par satellite
TIC	technologies de l'information et de la communication
TVBD	dispositif utilisant les espaces blancs de télévision (<i>TV white space band device</i>)

TVWS	espace blanc de télévision (<i>TV white space</i>)
UHF	ondes décimétriques (300-3 000 MHz) (<i>ultra high frequency</i>)
USAID	Agence des Etats-Unis pour le développement international (<i>U.S. Agency for International Development</i>)
VHF	ondes métriques (30-300 MHz) (<i>very high frequency</i>)
VoIP	protocole de transmission de la voix par Internet (<i>Voice over Internet Protocol</i>)
W	Watt
WAS	système d'accès hertzien (<i>wireless access system</i>)
WSD	dispositif utilisant les espaces blancs (<i>white space device</i>)
WSDB	base de données des dispositifs utilisant les espaces blancs (<i>white space device database</i>)

1 Introduction

La progression de la demande de capacités et de fréquences additionnelles de la part de nombreux services de radiocommunication différents rendent l'environnement de gestion du spectre plus complexe. Les difficultés qui en découlent supposent souvent d'imaginer de nouvelles techniques de gestion du spectre afin de veiller à ce que les services auxquels une bande de fréquences donnée est attribuée utilisent en partage de manière efficace des ressources spectrales limitées. Dans certaines conditions, l'application de l'accès dynamique au spectre peut faciliter l'utilisation efficace des fréquences. Toutefois, l'utilisation de ce type d'accès pose elle aussi de nouvelles difficultés en matière de gestion du spectre. Les systèmes de radiocommunication utilisant des fonctionnalités cognitives offrent des fonctions innovantes qui peuvent être utilisées pour surmonter ces difficultés.

Le présent Rapport traite de principes généraux de la gestion des fréquences et de techniques d'ingénierie du spectre pouvant être utilisés pour faciliter l'accès dynamique au spectre au moyen de systèmes de radiocommunication utilisant des fonctionnalités cognitives. Il porte en outre sur différentes questions et considérations qu'il est nécessaire de traiter pour faire en sorte que le recours à l'accès dynamique au spectre contribue à une utilisation plus efficace des fréquences, tout en protégeant les services de radiocommunication fonctionnant dans la même bande et dans des bandes adjacentes.

Aux fins du présent rapport, on entend par bandes de fréquences temporairement non utilisées/non occupées une portion du spectre dans une bande qui est désignée pour être utilisée par une ou plusieurs applications fonctionnant conformément aux dispositions du Règlement des radiocommunications et qui n'est pas utilisée à un moment donné et dans une zone géographique donnée. Dans la littérature scientifique, les bandes non utilisées/non occupées sont également appelées «trou dans le spectre»¹.

Aux fins du présent rapport, l'accès dynamique au spectre (DSA) désigne la possibilité pour un système de radiocommunication mettant en oeuvre des fonctionnalités CRS de fonctionner dans des bandes de fréquences temporairement non utilisées/non occupées et d'adapter ou de cesser l'utilisation de ces bandes en fonction des autres utilisateurs de la bande.

Il appartient aux administrations d'identifier les portions de spectre disponibles pour l'accès dynamique au spectre et les conditions varient d'un cas à un autre. On part du principe que ces

¹ R. Tandra et al. «What is a Spectrum Hole and What Does it Take to Recognize One?» Proceedings of the IEEE, vol. 97, N° 5, pages 824-848.

systèmes utilisant l'accès dynamique au spectre, fonctionnent conformément au Règlement des radiocommunications (RR) et à la Résolution UIT-R 58. Des exemples d'applications d'accès dynamique au spectre, comme l'utilisation des espaces blancs de télévision et le partage vertical et horizontal du spectre grâce à des technologies CRS, sont présentés dans le Rapport UIT-R M.2330. La capacité d'accès dynamique au spectre pourrait être prise en charge via, par exemple, les fonctionnalités du dispositif, un élément de réseau et/ou une entité extérieure au réseau (par exemple, une base de données).

Vu les éléments techniques exposés dans le présent Rapport concernant les espaces blancs de télévision, il devrait être tenu compte des décisions prises par la CMR-12 et la CMR-15, au titre desquelles la bande de fréquences 694-790 MHz est attribuée au service mobile (voir le numéro **5.317A** du RR).

Par sa Résolution 235², la CMR-15 a décidé d'inviter l'UIT-R, après la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 et à temps pour la Conférence mondiale des radiocommunications de 2023, à examiner l'utilisation du spectre et à étudier les besoins de spectre des services existants dans la bande de fréquences 470-960 MHz en Région 1, en particulier les besoins de spectre du service de radiodiffusion et du service mobile, sauf mobile aéronautique, et à effectuer des études de partage et de compatibilité, selon le cas, dans la bande de fréquences 470-694 MHz en Région 1 entre le service de radiodiffusion et le service mobile, sauf mobile aéronautique, en tenant compte des études, des Recommandations et des Rapports pertinents de l'UIT-R.

2 Définition

Système de radiocommunication cognitif (CRS) (tirée du Rapport UIT-R SM.2152)

Système de radiocommunication qui utilise une technologie lui permettant d'obtenir des informations sur son environnement opérationnel et géographique, sur les principes en vigueur et sur son état interne; cette technologie lui permet aussi d'adapter de façon dynamique et autonome ses paramètres et protocoles d'exploitation en fonction des informations obtenues, pour pouvoir atteindre des objectifs préalablement définis, et de tirer parti des résultats ainsi obtenus.

3 Recommandations et Rapports UIT-R connexes

La définition des exigences techniques et opérationnelles pour l'accès dynamique aux bandes de fréquences au moyen de systèmes de radiocommunication utilisant des fonctionnalités cognitives dépend pour beaucoup des services de radiocommunication à protéger et exige une analyse au cas par cas.

Les Recommandations et Rapport UIT-R applicables se rapportant aux caractéristiques et/ou aux critères de protection des différents services de radiocommunication peuvent être identifiés avec l'appui des groupes de l'UIT-R s'occupant des services concernés. On trouvera dans l'Annexe 3 du présent Rapport une liste de Rapports et Recommandations UIT-R donnée pour illustration.

Il convient en outre de prendre note de la Recommandation **76 (CMR-12)** «Déploiement et utilisation des systèmes de radiocommunication cognitifs».

² Examen de l'utilisation du spectre dans la bande de fréquences 470-960 MHz en Région 1 à temps pour la Conférence mondiale des radiocommunications de 2023.

4 Considérations générales relatives à l'utilisation de l'accès dynamique au spectre au moyen de systèmes CRS

4.1 Ressources spectrales disponibles pouvant être utilisées pour l'accès dynamique au spectre au moyen de systèmes CRS

La quantité de spectre disponible pour les systèmes CRS dépend de facteurs tels que le niveau de protection accordée aux services existants et aux applications connexes, ainsi que des caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes CRS. Elle peut également dépendre de l'emplacement et varier dans le temps. La disponibilité est considérablement réduite si des systèmes CRS de forte puissance sont utilisés, en particulier dans les zones peuplées. On trouvera dans les Annexes une méthodologie et des exemples montrant comment quantifier le spectre temporairement non utilisé/non occupé.

4.2 Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes CRS

Une description des caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes CRS est donnée dans la section 7 «Caractéristiques de haut niveau et exigences techniques et opérationnelles» du Rapport UIT-R M.2330. D'autres aspects et difficultés techniques associés à la technologie CRS dans les réseaux IMT sont décrits dans le Rapport UIT-R M.2242 «Systèmes de radiocommunication cognitifs pour les systèmes IMT».

4.3 Capacités cognitives des systèmes CRS

Les capacités cognitives sont présentées et décrites dans le Rapport UIT-R M.2225. En particulier, les trois capacités ci-après sont définies:

- a) capacité d'obtenir des informations sur son environnement opérationnel et géographique, sur son état interne et sur les principes en vigueur, ainsi que de surveiller les profils d'utilisation et les préférences des utilisateurs. Pour ce faire, il est possible, par exemple, d'utiliser la détection du spectre, d'avoir recours à une base de données et/ou de recevoir des informations de commande et de gestion;
- b) capacité d'adapter de façon dynamique et autonome ses paramètres et protocoles d'exploitation en fonction des informations, pour pouvoir atteindre des objectifs préalablement définis, par exemple une utilisation plus efficace du spectre; et
- c) capacité de tirer des enseignements de ses actions afin d'améliorer encore ses performances.

En outre, le Rapport UIT-R M.2330 décrit des exemples de technologies de base, qui font partie des capacités CRS permettant d'obtenir des informations, de prendre des décisions, de procéder à des ajustements et de tirer des enseignements. De plus, le Rapport UIT-R M.2230 recense et décrit des caractéristiques techniques et des difficultés associées à ces technologies.

Selon les Rapports UIT-R M.2225 et UIT-R M.2330, «en principe, il est possible de mettre en place et de déployer des systèmes CRS sans apporter de modification au Règlement des radiocommunications. En outre, il convient de noter que tous les systèmes d'un service de radiocommunication utilisant la technologie CRS dans une bande donnée seront exploités conformément aux dispositions du Règlement des radiocommunications régissant l'utilisation de la bande en question».

Comme indiqué dans le Rapport UIT-R M.2225, un noeud CRS se caractérise par trois fonctionnalités techniques, qui sont présentées sous forme résumée dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

**Résumé des fonctionnalités et capacités techniques des systèmes CRS
conformément au Rapport UIT-R M.2225**

Fonctionnalité	Approche/Méthode	Description
1 Obtenir des informations	Evaluation de la qualité des liaisons radio et du réseau	Les noeuds CRS peuvent surveiller les caractéristiques de qualité des liaisons radio et les paramètres de qualité du réseau, compte tenu du type d'application.
	Ecoute d'un canal de commande hertzienne	Les noeuds CRS reçoivent des informations transmises (par exemple, information radio, opérateurs et technologies disponibles) sur un canal prédéfini.
	Détection du spectre	Les noeuds CRS obtiennent directement des informations sur l'environnement radioélectrique, y compris sur les fréquences non utilisées. Les méthodes utilisées sont le filtrage adapté, la détection d'énergie et la détection cyclostationnaire.
	Géolocalisation	Les noeuds CRS peuvent connaître leur emplacement en utilisant des techniques de géolocalisation. Voir le § 5.1.
	Utilisation de bases de données	Le système CRS peut avoir accès à des bases des données contenant des informations sur les fréquences disponibles, les niveaux de puissance d'émission autorisés, l'environnement opérationnel, entre autres. Voir le § 5.1.
	Collaboration	Les noeuds CRS peuvent s'échanger les informations qu'ils ont obtenues.
2a Prendre des décisions	Centralisée	Permet la coordination des ressources entre les noeuds CRS dans les scénarios où une configuration et une optimisation globales sont nécessaires. L'entité centrale (gestionnaire de ressources réseau, station de base) recueille une série d'informations auprès du système CRS et prend une décision d'optimisation globale.
	Répartie	Un système CRS peut avoir besoin de plusieurs entités de gestion pour prendre une décision concernant sa configuration (par exemple, plusieurs stations de base, topologie maillée).
2b Ajuster les paramètres/protocoles d'exploitation	Système de radiocommunication piloté par logiciel	Un système CRS modifie de façon dynamique et autonome ses paramètres et/ou protocoles d'exploitation en procédant à une reconfiguration, afin d'atteindre certains objectifs préalablement définis. Ces paramètres peuvent être les suivants: <ul style="list-style-type: none"> – Puissance en sortie – Fréquence de fonctionnement – Type de modulation – Technologie d'accès radioélectrique – Autres paramètres/protocoles
	Plusieurs modules matériels	
3 Apprendre	–	Permet au CRS d'améliorer ses performances en utilisant les informations stockées sur ses actions précédentes et les résultats déjà obtenus.

5 Considérations générales relatives aux principaux éléments de réseau permettant l'accès DSA

5.1 Géolocalisation avec accès à des bases de données

La géolocalisation avec accès à des bases de données permet de disposer d'informations sur les fréquences temporairement non utilisées/non occupées et, partant, d'assurer la protection des services existants contre les brouillages préjudiciables. En plus de ces informations sur les fréquences temporairement non utilisées/non occupées, les bases de données peuvent également fournir les exigences en matière de protection liées à l'utilisation des fréquences en question dans certaines zones, par exemple, la puissance maximum d'émission autorisée ou les zones d'exclusion et/ou de protection.

Le Rapport UIT-R M.2330 présente différentes solutions pour mettre en oeuvre des bases de données (par exemple base de données ouverte unique, multiples bases de données ouvertes et bases de données propriétaires fermées). Il décrit en outre les difficultés associées à la géolocalisation et aux bases de données pour ce qui est de la mise à jour des informations, de la gestion des bases de données, des aspects de sécurité et de protection de la vie privée et de l'interopérabilité de l'accès aux bases de données entre différents pays (par exemple, coordination transfrontière).

5.2 Détection du spectre

La détection du spectre est la capacité de détection d'autres signaux à proximité d'un noeud CRS qui peut être utilisée pour identifier des fréquences temporairement non utilisées/non occupées. Cette technique convient en particulier dans les cas où le niveau du signal détecté est suffisamment fort et/ou lorsqu'on connaît à l'avance le type/la forme du signal. Le Rapport UIT-R M.2330 décrits différentes méthodes de détection, les indicateurs de performance relatifs aux incidences des différentes techniques de détection du spectre sur les autres utilisateurs des fréquences, la mise en oeuvre des méthodes de détection et, dernier point mais non des moindres, les difficultés associées à la détection du spectre en général.

6 Questions et difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à l'utilisation de l'accès DSA

Les paragraphes ci-après présentent un certain nombre de questions et de difficultés associées à l'utilisation de l'accès DSA dans des bandes temporairement non utilisées/non occupées, qui doivent faire l'objet d'une attention particulière lorsqu'on prévoit de mettre en oeuvre cette méthode d'utilisation en partage du spectre.

6.1 Considérations générales relatives aux questions et aux difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à l'utilisation de l'accès DSA

Comme pour toutes les applications de radiocommunication, il faut impérativement définir un cadre réglementaire pour les applications à l'accès DSA conformément aux dispositions du Règlement des radiocommunications. Etant donné que l'accès DSA est un mécanisme d'accès au spectre destiné à faciliter l'utilisation en partage de cette ressource, les applications à l'accès DSA sont censées fonctionner dans les services de radiocommunication bénéficiant d'attributions. Les procédures prévues dans l'Article 15 (Brouillages) s'appliquent donc.

Il faudrait pour ce faire procéder à des études de partage et de compatibilité détaillées dans le cadre de groupes composés de spécialistes du service à protéger.

Les études de partage et de compatibilité devraient porter non seulement sur les brouillages causés dans le même canal, mais aussi dans les canaux adjacents. L'identification de «fréquences temporairement non utilisées/non occupées» ne devrait porter que sur ces deux cas.

En fonction de la nature du service ou de l'application de radiocommunication à protéger, les études de compatibilité seront plus ou moins complexes à réaliser. Plusieurs exemples ci-après présentent des situations dans lesquelles le scénario de coexistence sera peut-être plus difficile à gérer et/ou pourra nécessiter plus d'attention.

- 1) Bandes attribuées à des services de radiocommunication se rapportant à la sécurité de la vie humaine, au service de radionavigation, au service mobile aéronautique et au service mobile aéronautique par satellite: si des dispositifs d'accès dynamique au spectre devaient être mis en oeuvre dans les attributions de fréquences utilisées pour les applications liées à la sécurité de la vie humaine, il y aurait un risque majeur pour l'utilisation efficace et en toute sécurité des services d'aviation et des services maritimes qui ne pourrait pas être corrigé facilement une fois que les dispositifs sont couramment utilisés.

La protection des services aéronautiques est vitale pour pouvoir exploiter des aéronefs en toute sécurité. Les moindres brouillages, aussi faibles soient-ils, peuvent mettre en danger la sûreté d'un aéronef en vol. Plusieurs systèmes d'aide à la navigation aéronautique ne font que transmettre des informations destinées à des récepteurs passifs, dont la majorité sont embarqués dans des aéronefs et sont par conséquent extrêmement mobiles et peuvent se trouver à des altitudes très différentes avec une très grande visibilité directe sur le plan radioélectrique. En outre, une nouvelle technologie de radars bistatiques est en cours d'élaboration (par exemple, Recommandation UIT-R M.1638-1), selon laquelle l'émetteur et le récepteur sont géographiquement distants l'un de l'autre.

- 2) Bandes attribuées pour les liaisons montantes du service mobile par satellite et du service de radiorepérage par satellite: les stations terriennes d'émission du SMS étant mobile par nature, il paraît impossible sur le plan pratique d'utiliser une base de données pour les localiser. En outre, dans les bandes attribuées dans le sens Terre vers espace, les brouillages admissibles pour garantir la protection des liaisons du SMS OU du SRRS sont à la fois les brouillages produits par une seule source et le brouillage cumulatif produit par tous les dispositifs de ce type vus par le récepteur de satellite. Par conséquent, l'utilisation de la technologie de détection semble elle aussi impossible à mettre en oeuvre.
- 3) Bandes attribuées pour les liaisons descendantes du service mobile par satellite et du service de radiorepérage par satellite: La nature mobile des récepteurs du SMS et du SRRS rend également difficile la mise en oeuvre pratique des bases de données. De même, il est peu probable que la détection puisse être une solution étant donné que les émissions qui doivent être détectées viennent des satellites d'émission. Il ne faut pas sous-estimer les difficultés pratiques que pose la mise en oeuvre d'un système capable de détecter ce type d'émissions. De plus, les systèmes à satellites couvrent des zones géographiques étendues, dans lesquelles des récepteurs pourront ou non se trouver. Par conséquent, un tel système aboutirait à l'indisponibilité permanente des applications utilisant l'accès dynamique au spectre dans les bandes attribuées pour les liaisons descendantes de satellite. Ce phénomène est plus facile à comprendre avec un exemple: les systèmes du service de radionavigation par satellite (SRNS) assurent une couverture mondiale et, si un dispositif utilisant l'accès dynamique au spectre était équipé d'un capteur capable de détecter correctement les signaux du SRNS, la seule conclusion à laquelle ce dispositif pourrait arriver est que ces signaux peuvent effectivement être reçus partout dans le monde, ce qui par conséquent ne permettrait pas de savoir si un récepteur du SRNS est effectivement situé à proximité du dispositif et pourrait subir des brouillages causés par ses émissions.

- 4) Bandes attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (passive), au service de recherche spatiale (passive) et au service de radioastronomie dans lesquelles le numéro **5.340** s'applique: Autoriser les émissions dans une bande de fréquences dans laquelle le numéro **5.340** s'applique serait contraire à cette disposition. De plus, étant donné que «toutes les émissions sont interdites» dans ces bandes conformément au numéro **5.340**, les rayonnements non désirés provenant des opérations dans d'autres bandes font l'objet de considérations particulières, dès lors que ces rayonnements risquent d'affecter l'utilisation des bandes visées au numéro **5.340**.
- 5) Utilisation pour des services passifs qui ne peuvent pas être détectés par détection du spectre car aucun signal n'est présent pour utiliser cette utilisation: Dans de tels cas, seule la géolocalisation semble être une solution possible pour empêcher un accès dynamique indu au spectre. L'utilisation de la géolocalisation doit par ailleurs être étendue pour reconnaître les zones de silence radioélectrique et les zones de coordination qui protègent les opérations des services passifs au niveau régional ou national, y compris dans les bandes dans lesquelles les services passifs n'ont pas d'attributions mais bénéficient d'une protection au niveau local (voir le Rapport UIT-R RA.2259).
- 6) Bandes attribuées au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) (active): Le risque est que les systèmes utilisant l'accès dynamique au spectre détectent les capteurs du SETS (active) trop tard pour cesser les émissions et éviter de leur causer des brouillages. L'utilisation par les systèmes de radiocommunication cognitifs d'une base de données pour éviter les risques de brouillage avec les capteurs du SETS (active) en mouvement risque d'être difficile.
- 7) Certaines applications des radiocommunications spatiales associées à des liaisons indispensables à un moment donné ou essentielles pour la sûreté ou la mission ne peuvent être détectées que par des équipements très sensibles ou n'émettent pas en continu. Par exemple, les fréquences utilisées pour les communications entre les engins spatiaux du service de recherche spatiale (espace lointain) et les récepteurs terriens ultrasensibles dotés de très grandes antennes (d'un diamètre supérieur à 34 m) seraient indétectables pour les capteurs d'un réseau d'applications à accès DSA. Par conséquent, on pourrait par erreur considérer que ces fréquences sont temporairement non utilisées/non occupées, alors qu'elles sont en réalité utilisées pour des opérations essentielles à la mission et la réception de données scientifiques qui pourraient être perdues en cas de dégradation de ces liaisons.

Lors des phases critiques que sont pour toutes les missions le lancement et l'ascension, il est impératif de disposer de liaisons de communication ininterrompues afin de garantir la sécurité et la protection de l'équipage, de l'engin spatial et de la mission.

 - Stratégies de détection.
 - Association avec une base de données de géolocalisation.
 - Mécanisme d'utilisation en partage du spectre entre différents systèmes DSA.

On trouvera dans les Annexes des informations communiquées par différentes administrations et régions.
- 8) Dans le sens Terre vers espace, les stations terriennes d'émission du SFS font l'objet de licences globales et sont déployées de manière ubiquitaire dans certaines bandes de fréquences. Il n'existe par conséquent pas de base de données centralisée répertoriant l'emplacement de ces stations. Par conséquent, il n'est pas possible d'utiliser une base de données pour localiser ces stations. De plus, la détection en général n'aidera pas les dispositifs DSA à déterminer s'ils peuvent émettre car, dans les bandes attribuées dans le sens Terre vers espace, le niveau de brouillages admissibles garantissant la protection des liaisons du SFS et des liaisons de connexion du SRS vis-à-vis de tels dispositifs serait spécifié comme étant le brouillage pour une seule source et le brouillage cumulatif.

Etant donné qu'il n'y aurait aucune solution pour vérifier le nombre total de dispositifs DSA vus par le récepteur de satellite, il n'y aurait pas non plus de solutions pour contrôler le niveau de brouillage cumulatif. En conséquence, il semble également impossible de mettre en oeuvre la technologie de détection dans les bandes utilisées pour les liaisons montantes du SFS (y compris dans les bandes attribuées au SFS utilisées pour les liaisons montantes de connexion du SRS).

- 9) Dans le sens espace vers Terre, la nature ubiquitaire du SFS et du SRS dans certaines bandes de fréquences empêche à nouveau la mise en oeuvre pratique de solutions fondées sur des bases de données. Il est peu probable en général que la détection offre une solution, étant donné que les émissions qui doivent être détectées proviennent de satellites d'émission et seront par conséquent de très faible puissance. Il ne faut pas sous-estimer les difficultés pratiques que pose la mise en oeuvre d'un système capable de détecter ce type d'émissions. En outre, même si on arrivait à le mettre en place, un tel système ne serait pratiquement d'aucune utilité car de nombreux systèmes à satellites couvrent des zones géographiques étendues, dans lesquelles des récepteurs pourront ou non se trouver. Par conséquent, même si un dispositif DSA pouvait détecter les émissions d'un satellite, cela ne donnerait aucune information réelle concernant le risque de causer des brouillages à un récepteur de satellite.

6.2 Questions et difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à la coordination transfrontière

Avant qu'une administration prenne une décision concernant la mise en oeuvre de l'accès DSA sur son territoire, une coordination transfrontière des fréquences temporairement non utilisées/non occupées devrait être menée à bien, afin d'éviter les risques de brouillage préjudiciable pour les services existants des pays voisins. La Recommandation UIT-R SM.1049-1 préconise une méthode de gestion du spectre à utiliser pour faciliter le processus d'assignation de fréquence aux services de Terre, mais dans le cas de l'accès DSA, cette méthode ne peut être pleinement utilisée pour plusieurs raisons.

La quantité de spectre temporairement non utilisé/non occupé à un emplacement donné change en permanence et, de ce fait, les administrations se heurteront à des difficultés pour décrire les fréquences qui devraient figurer dans des Accords, mais aussi pour identifier les fréquences destinées à une administration à titre exclusif ou préférentiel. La question se complique encore si seuls des systèmes CRS utilisant la détection (par exemple, systèmes qui ne relèvent pas d'un réseau de commande utilisant une base de données de géolocalisation pour connaître les exigences relatives à l'utilisation des fréquences) sont mis en oeuvre dans la zone de coordination, étant donné que les administrations ne disposeront pas d'informations sur les fréquences exactes utilisées par ces dispositifs.

Parallèlement, l'un des principes fondamentaux de la coordination transfrontière, telle que décrite dans la Recommandation UIT-R SM.1049-1, s'applique également pour l'accès DSA, à savoir que chaque administration bénéficie du même droit d'accès au spectre. Pour que ce principe soit respecté, les administrations pourront s'entendre, au niveau bilatéral ou multilatéral, sur la création d'une zone de coordination ainsi que sur les conditions d'utilisation des fréquences pour l'accès DSA.

6.3 Questions et difficultés associées à l'utilisation de technologies de détection pour mesurer l'occupation du spectre

Un atelier organisé par l'ECC sur le thème «Comment la mesure de l'occupation du spectre peut faciliter la gestion de cette ressource» a eu lieu le 15 janvier 2014 à Mayence. Les conclusions de

cet atelier figurent dans la Déclaration de l'ECC concernant la mesure de l'occupation du spectre³, dont un extrait est reproduit ci-dessous:

Les résultats des mesures d'occupation du spectre effectuées selon cette méthode en un nombre limité d'emplacements fixes pourraient seulement aider à repérer des bandes susceptibles d'être identifiées pour les applications utilisant les espaces blancs de télévision. Les résultats de ces mesures ne permettent pas de décider si une fréquence donnée peut être utilisée à un emplacement donné, par exemple dans le cadre de l'accès dynamique au spectre ou en relation avec des bases de données de géolocalisation.

Avec les équipements PMSE, SRD et RFID ainsi que les applications de satellite, on comprend pourquoi de simples capteurs bon marché ne suffisent pas pour rendre compte de la situation réelle dans une gamme de fréquences allant de 30 MHz à 6 000 MHz. Pour dresser un inventaire détaillé de l'utilisation du spectre dans une grande ville, il faudrait disposer d'un nombre considérable de stations de réception fixe ou utiliser d'autres méthodes comme la collecte de données mobiles.

6.4 Questions et difficultés sur le plan de la gestion du spectre associées à la mise en oeuvre d'une application fondée sur l'accès DSA

Questions relatives aux ressources spectrales

L'utilisation de l'accès dynamique au spectre dans une bande de fréquences donnée attribuée à plus d'un service à titre primaire ou secondaire ne devrait pas nuire au développement futur d'autres services dans ces bandes. Une application à accès DSA ne devrait pas avoir d'incidences sur la disponibilité du spectre et sur les possibilités d'amélioration des conditions d'utilisation du spectre dont bénéficie un service ayant une attribution à titre primaire. D'une manière générale, cela signifie que la mise en oeuvre pratique et les autorisations peuvent varier en fonction de l'évolution des politiques nationales en ce qui concerne l'attribution des fréquences aux utilisateurs primaires. Il convient en outre de se pencher sur les risques, en particulier pour les parties prenantes de l'industrie, associés aux incertitudes concernant la disponibilité du spectre, qu'elles soient dues à la situation locale ou découlent d'une modification de l'attribution des fréquences aux utilisateurs primaires.

Responsabilité de l'autorité nationale de régulation et complexité des bases de données

En assurant la gestion des bases de données, une administration reste maître des décisions concernant à la fois 1) la mise en oeuvre pratique d'un cadre réglementaire national autorisant l'utilisation de l'accès DSA dès lors qu'il existe une demande sur le marché et qu'une évaluation correcte des incidences en termes de coûts et d'avantages a été réalisée; 2) la bande de fréquences dans laquelle un dispositif relevant d'une application à accès DSA peut fonctionner.

Ce fonctionnement assisté par des bases de données est une nouvelle approche de gestion du spectre et on ne dispose de ce fait d'aucun recul ni d'aucun cadre clairement défini pour la régulation des bases de données. Lorsqu'elle étudie la manière de mettre un tel système en place, une autorité nationale de régulation devrait se poser les questions suivantes:

- Comment garantir que seules des bases de données approuvées par l'autorité nationale de régulation fournissent des services aux dispositifs?
- Quel est l'instrument juridique permettant le fonctionnement des dispositifs?
- Quelles sont les obligations d'un fournisseur de bases de données?

Les décisions et les choix concernant l'atténuation des brouillages entre différentes applications à accès DSA dépendraient de l'évaluation du risque réalisée par l'autorité nationale de régulation.

³ <https://cept.org/ecc/groups/ecc/client/introduction/ecc-statement-on-spectrum-occupancy-workshop>.

Par exemple, lorsque la densité d'utilisation est très basse, la meilleure solution pourrait consister à ne rien faire, étant donné que le risque de brouillage serait faible. La solution la mieux adaptée ne s'impose pas de manière évidente, d'où le risque de faire les mauvais choix réglementaires si l'on n'a pas une bonne compréhension de ce à quoi peut ressembler le scénario de brouillage.

L'autorité nationale de régulation doit effectuer un certain nombre de tâches concernant la gestion de la base de données:

- Rassembler et traiter les données des opérateurs historiques.
- Calculer la disponibilité du spectre.
- Sélectionner, approuver et réglementer les bases de données – ou, autre possibilité, tenir une base de données.

En raison des divers échanges d'informations se rapportant à la gestion des bases de données, l'autorité nationale de régulation et les opérateurs historiques devront supporter des coûts découlant de la collecte, du regroupement et de la mise à jour des données sur les fréquences disponibles pouvant être utilisées par les applications à accès DSA. L'autorité nationale de régulation supportera également des coûts liés à l'élaboration et à la mise à jour de l'algorithme ainsi qu'à la vérification de la fiabilité des bases de données tierces utilisées. Même si la mise à disposition de fréquences pour ce type d'applications ne devrait pas accroître de manière significative le risque de brouillage pour les titulaires de licences dès lors que le cadre de coexistence est correctement défini, il se peut toutefois que les coûts d'application des dispositions réglementaires augmentent pour l'autorité nationale de régulation afin de détecter et de résoudre les problèmes de brouillage. Enfin, les fournisseurs de bases de données supporteront eux aussi des coûts pour mettre en place leurs systèmes et répondre aux demandes des applications à accès DSA.

Enfin, les administrations devraient tenir dûment compte des difficultés associées à l'évaluation de la conformité et à la mise en oeuvre de systèmes de base de données sur lesquels reposerait l'autorisation de dispositifs à accès DSA peu coûteux qui pourraient être déployés en très grand nombre.

Questions liées à l'outil de prévision utilisé par la base de données pour octroyer les ressources spectrales

Le moteur de calcul transforme les données sur les services existants ainsi que sur les caractéristiques techniques et l'emplacement d'un dispositif relevant d'une application à accès DSA en une liste de fréquences autorisées et de puissances d'émissions associées pour les dispositifs. Il convient de noter qu'en fonction de l'organisation de la gestion des fréquences au niveau national, le régulateur pourra effectuer lui-même certaines des opérations correspondantes en fournissant aux bases de données un ensemble de données de résultats, sous la forme de puissances et de canaux disponibles pouvant être utilisés par un dispositif relevant d'une application à accès DSA en tout point d'une grille couvrant le pays. Le cadre de coexistence applicable au calcul de la puissance des dispositifs relevant d'applications à accès DSA, compte tenu de limites de brouillages convenues au préalable, peut en effet nécessiter de nombreux calculs complexes, pour lesquels il faut souvent disposer de données sensibles pour les services existants.

L'autorité nationale de régulation voudra impérativement s'assurer qu'une base de données effectue correctement le processus de calcul, étant donné que des erreurs pourraient entraîner des brouillages pour les systèmes existants.

Cohérence de l'architecture globale du système DSA

Les interactions entre les systèmes de radiocommunication et les bases de données doivent être définies de manière claire et les dépendances entre le réseau de détection et la base de données parfaitement expliquées, avec un plan pour le cas où une défaillance des communications et/ou de la

détection se produirait entre le dispositif relevant d'une application à accès DSA et la base de données, ainsi que des capacités d'autodiagnostic pour accéder aux fonctions voulues.

L'autorité de régulation nationale devrait vérifier que l'ensemble du système est cohérent et ne permet en aucun cas de s'écarter du cadre réglementaire applicable spectre en vigueur (par exemple, impossibilité de modifier manuellement la puissance d'un équipement, garantie qu'un dispositif à accès DSA ne pourra émettre sur le territoire d'un pays que s'il a découvert avec succès une base de données de géolocalisation approuvée par l'autorité de régulation nationale, etc.).

Difficultés à surmonter pour éviter les brouillages

Il est nécessaire d'étudier l'utilisation de modèles hybrides (certains systèmes fonctionnant avec des paramètres d'exploitation (puissance définie, techniques d'atténuation des brouillages identifiées pour garantir la coexistence à l'intérieur de la bande, etc.) et/ou des bases de données de géolocalisation à définir, tandis que d'autres utilisent des niveaux de puissances moins élevées et/ou des gabarits d'antenne/de p.i.r.e./en fonction de l'angle d'élévation) afin de déterminer s'il est possible de l'autoriser sans que les services existants subissent des brouillages préjudiciables.

Les règles définissant la disponibilité du spectre et les puissances d'émissions associées sont fixées par l'autorité nationale de régulation et mises en oeuvre dans des bases de données.

Question de la géolocalisation

Quelles sont les méthodes les plus appropriées (par exemple système GPS, envoi de l'adresse IP au service de localisation et système de positionnement) pour localiser avec précision chaque dispositif? En particulier à l'intérieur de bâtiments? Mettre à jour l'emplacement?

L'utilisation d'un récepteur GPS exige une réception claire du signal GPS. Par conséquent, un problème se pose à l'évidence pour les applications situées à l'intérieur de bâtiments, étant donné qu'il faut recevoir un bon signal GPS pour permettre une localisation exacte. Or, un récepteur GPS ne peut fonctionner lorsqu'il est situé à l'intérieur.

En outre, il peut y avoir dans certains pays des dispositions réglementaires susceptibles d'empêcher la divulgation de l'emplacement précis d'un équipement.

Questions à examiner concernant le fonctionnement de la base de données et des systèmes

A quelle fréquence les terminaux balayent-ils la base de données? Il n'est pas possible que tous les terminaux écoutent en même temps. Par conséquent, il est impossible pour l'équipement d'arrêter en même temps toutes les émissions sur le canal. Le temps de balayage donne-t-il un délai suffisant pour que tous les terminaux cessent de fonctionner et ne causent pas de brouillage aux services existants?

En outre, étant donné qu'un certain nombre de terminaux d'utilisateur fonctionnent sur batterie, un balayage fréquent de la base de données a des répercussions sur la consommation d'énergie. Il est donc essentiel d'évaluer dans quelle mesure ce type de fonctionnement réduit l'autonomie de la batterie du terminal (ce qui peut encourager certains utilisateurs à modifier le dispositif).

Capacités de détection

Il s'avère judicieux de veiller à ce que la technique de détection utilisée puisse respecter les obligations définies pour protéger le service existant. Dans le cas contraire, il conviendrait d'évaluer également les incidences que l'application de ces obligations a sur les systèmes.

Le choix de la technologie de détection est essentiel pour que le mécanisme fonctionne correctement. Quelle technologie de détection est la mieux adaptée en fonction de l'objectif recherché?

Technologies de détection à bande étroite [1],[2]	Avantages	Inconvénients
Détection d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> – Méthode de détection non cohérente qui ne nécessite pas d'informations préalables – Coût de calcul peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> – Peu efficace pour des rapports SNR faibles – Ne peut pas différencier les utilisateurs
Détection basée sur la forme d'onde	<ul style="list-style-type: none"> – Temps de mesure plus court – Grande fiabilité 	<ul style="list-style-type: none"> – Exige des informations préalables
Détection cyclostationnaire	<ul style="list-style-type: none"> – Valide dans les régions à faible rapport SNR – Résistante contre les brouillages 	<ul style="list-style-type: none"> – Exige des informations préalables partielles – Coût de calcul élevé
Filtrage adapté	<ul style="list-style-type: none"> – Efficacité optimale grâce à la maximisation du rapport SNR – Coût de calcul peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> – Exige des informations préalables partielles communiquées par l'utilisateur primaire – Accroît la complexité de mise en oeuvre

Technologies de détection à large bande [2]		Avantages	Inconvénients
Détection large bande Nyquist	Convertisseur ADC type	<ul style="list-style-type: none"> – Structure simple 	<ul style="list-style-type: none"> – Fréquence d'échantillonnage élevée – Coût de calcul élevé
	Echantillonnage à banc de filtres	<ul style="list-style-type: none"> – Faible fréquence d'échantillonnage – Plage dynamique élevée 	<ul style="list-style-type: none"> – Très complexe à mettre en oeuvre
Détection large bande sous-Nyquist	Echantillonnage compressé	<ul style="list-style-type: none"> – Faible fréquence d'échantillonnage – Coût d'acquisition du signal peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> – Sensible aux incohérences du modèle
	Echantillonnage sous-Nyquist multicanaux	<ul style="list-style-type: none"> – Faible fréquence d'échantillonnage – Supporte les incohérences du modèle 	<ul style="list-style-type: none"> – Nécessite de multiples canaux d'échantillonnage

Annexe 1

Modèle de système cognitif utilisant une base de données de géolocalisation

Dispositions générales

La base de données de géolocalisation est un élément du système automatisé de gestion du spectre des fréquences radioélectriques pour les réseaux de communication utilisant le principe des radiocommunications cognitives. Elle communique directement avec les dispositifs pilotes des réseaux de radiocommunication cognitifs. Elle attribue les canaux, vérifie les paramètres d'émission

des dispositifs cognitifs et garantit la compatibilité électromagnétique entre le dispositif de radiocommunication cognitif et les autres dispositifs radioélectriques fonctionnant dans des bandes qui se chevauchent ou dans des bandes adjacentes.

La base de données de géolocalisation doit contenir des informations sur les emplacements et les paramètres d'exploitation de tous les dispositifs radioélectriques, dans la bande de fréquences considérée, ou sur les éventuels gabarits de restriction particuliers utilisés lorsqu'il est difficile de déterminer l'emplacement ou les paramètres techniques des dispositifs radioélectriques protégés.

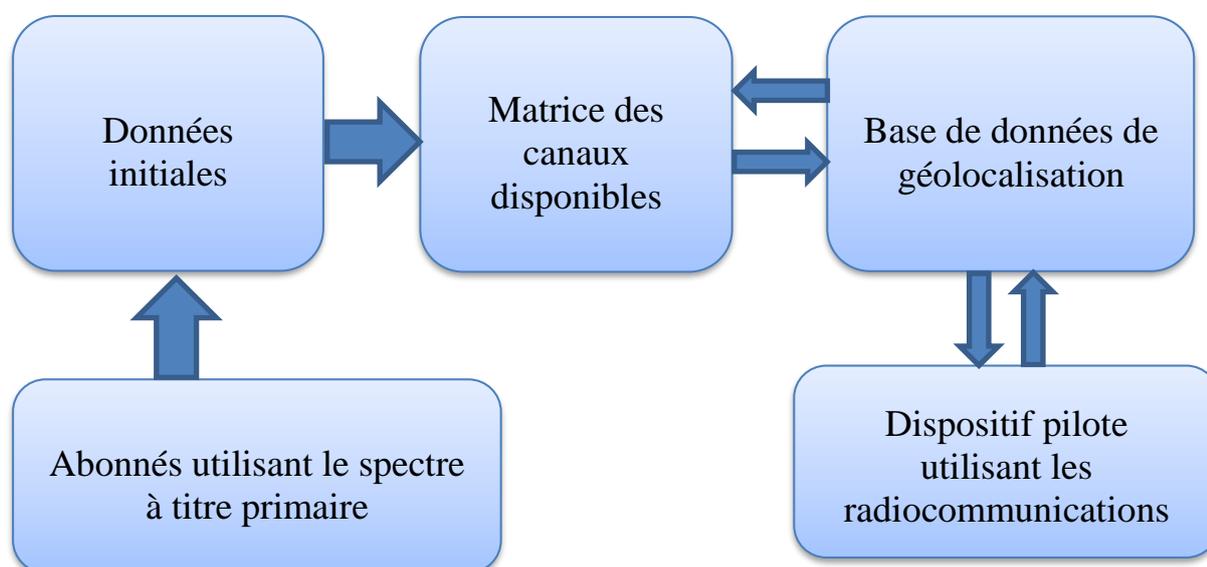
Le fonctionnement de la base de données de géolocalisation pourrait reposer sur une matrice rassemblant les informations sur la disponibilité des canaux en chaque point d'une zone donnée pour une bande de fréquences donnée, avec les valeurs maximales admissibles des paramètres techniques.

Génération de la matrice des canaux disponibles

La matrice des canaux disponibles est générée à partir d'informations tirées de la base de données de l'organe de réglementation contenant les informations sur tous les dispositifs radioélectriques ayant une autorisation valide et sur leurs spécifications nécessaires pour calculer la compatibilité électromagnétique.

La génération de la matrice peut être réalisée par un serveur séparé distant de la base de données de géolocalisation. Dans ce cas, l'opérateur de la base de données de géolocalisation aura une matrice des canaux disponibles, mais n'aura pas d'informations concernant les différents dispositifs radioélectriques et les paramètres techniques qui ont été utilisés pour générer la matrice.

Principe mis en oeuvre par le système cognitif utilisant une base de données de géolocalisation



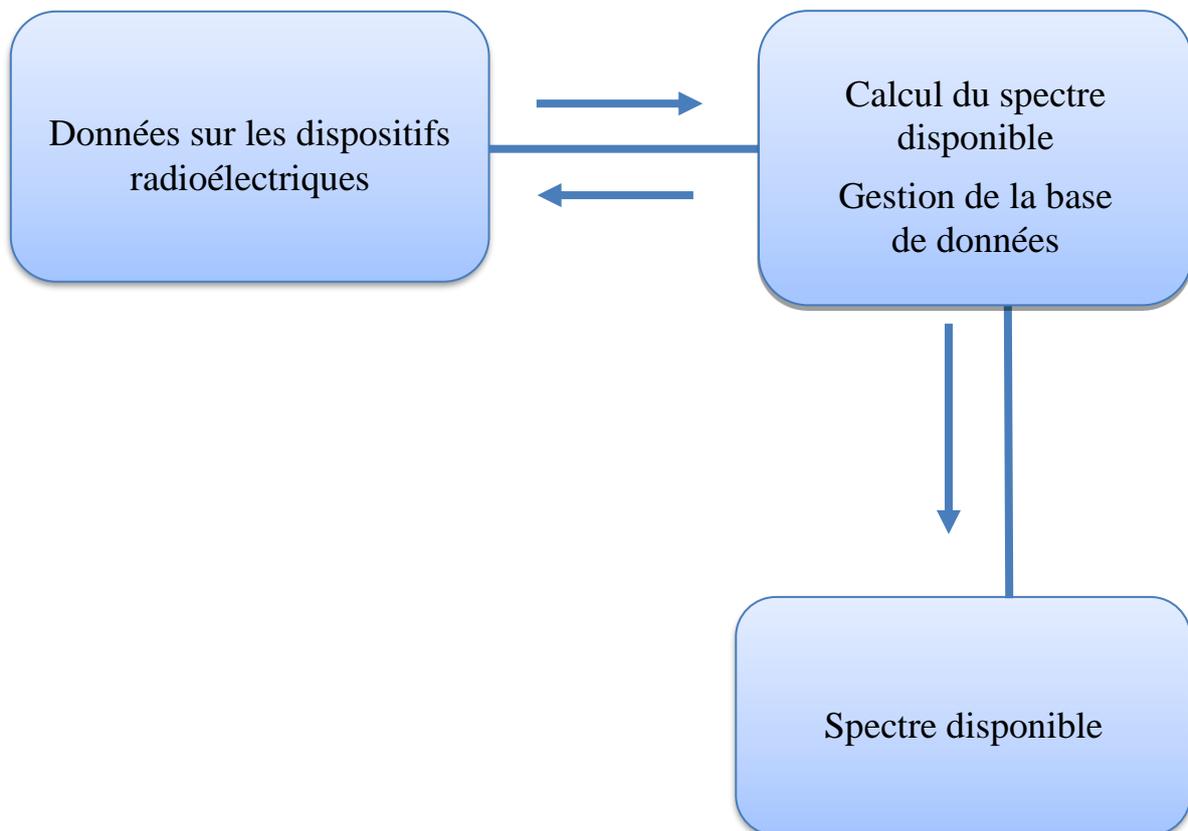
Il est possible de diviser la zone couverte par la base de données de géolocalisation en petites zones de taille prédéfinie, appelées «pixels». Chaque «pixel» contient des informations sur les canaux protégés. Sur cette base, il est possible de définir un ensemble de canaux disponibles en utilisant le niveau de p.a.r. et d'autres paramètres nécessaires pour l'exploitation des dispositifs cognitifs. On peut déterminer le nombre de canaux disponibles dans chaque «pixel» en superposant les informations relatives à l'occupation du spectre envoyée par les différents services, afin qu'il ne soit pas nécessaire de stocker d'informations sur les différents dispositifs radioélectriques protégés. Il suffit de savoir le nombre de canaux libres pour les dispositifs cognitifs par pixel.

La taille d'un «pixel» dépend des décisions prises lors de la phase de planification au moment d'alimenter la base de données de géolocalisation, mais une taille de l'ordre de 200 m x 200 m est généralement jugée appropriée dans la plupart des cas. Il s'agit de la taille la mieux adaptée, étant donné qu'un pixel plus grand pourrait entraîner une utilisation inefficace de la base de données de géolocalisation (c'est-à-dire à une quantité de spectre disponible plus petite) et qu'un pixel plus petit se traduirait par un volume important de calcul et de données à envoyer à un dispositif. Par conséquent, il s'agit alors simplement d'examiner les contraintes concernant l'ensemble de «pixels», afin d'identifier les canaux disponibles pour les dispositifs cognitifs et les niveaux de puissance associés.

Après réception des informations sur les dispositifs radioélectriques exploités, on calcule à l'avance pour chaque «pixel» un nombre de canaux disponibles, qui permet d'établir une matrice des canaux disponibles. Ainsi, les calculs en temps réel sont considérablement réduits.

Après un certain temps (fixé par l'organisme de réglementation), le nombre de canaux disponibles dans chaque «pixel» devrait être recalculé et une nouvelle matrice des canaux disponibles établie. La matrice des canaux disponibles est stockée dans la base de données de géolocalisation.

Calcul du spectre disponible



Il est possible d'utiliser différents modèles de propagation pour les calculs (par exemple Recommandation UIT-R P.1546, propagation en espace libre, modèle de Hata, etc.). Après avoir calculé la puissance dans un «pixel» donné, on calcule les canaux disponibles compte tenu des seuils spécifiés. Si la puissance calculée est inférieure au seuil, on considère que le canal est libre; si la puissance dépasse le seuil, on considère que le canal est occupé.

Données initiales

Les données ci-après devraient être utilisées comme données initiales pour établir la matrice des canaux disponibles:

- a) Données sur les dispositifs radioélectriques exploités sous licence:
- numéro d'identification (ID) de la station ou du dispositif radioélectrique;
 - type d'émetteur;
 - emplacement (coordonnées géographiques);
 - canaux utilisés (canaux exploités par les utilisateurs primaires);
 - puissance d'émission ou p.a.r. du dispositif sous licence (informations nécessaires pour calculer le niveau de puissance admissible pour les dispositifs fonctionnant à titre secondaire);
 - hauteur de l'antenne d'émission (pour calculer l'affaiblissement de propagation);
 - diagramme de rayonnement de l'antenne d'émission;
 - dispositions réglementaires applicables à la protection des dispositifs existants, territoire, etc.
- b) Données sur les autres dispositifs radioélectriques comme les microphones sans fil (ces dispositifs devront être enregistrés pour garantir le bon fonctionnement de l'ensemble du système de radiocommunication cognitif):
- type de dispositif (microphone sans fil, caméra ou autre type de dispositifs utilisés à titre secondaire);
 - numéro d'identification du dispositif;
 - emplacement du dispositif;
 - canaux utilisés;
 - puissance d'émission.
- c) Données sur les dispositifs cognitifs et les dispositifs fonctionnant à titre secondaire:
- type de dispositif (dispositif cognitif fixe ou portable/mobile);
 - identificateur du dispositif;
 - numéro de série;
 - emplacement du dispositif;
 - canaux utilisés (canaux actuellement utilisés par les dispositifs cognitifs).
- d) Informations sur la réglementation:
- identificateur du régulateur;
 - modèles de propagation et algorithmes utilisés pour l'exploitation du système;
 - seuils de puissance correspondant à un canal libre;
 - restrictions au titre desquelles l'exploitation des dispositifs cognitifs devrait cesser.

Données sur le spectre disponible

Une fois que les canaux disponibles pour tous les «pixels» sont calculés, la matrice des canaux disponibles est stockée dans la base de données de géolocalisation. Lorsqu'un utilisateur souhaite savoir quelles sont les fréquences disponibles, l'opérateur de la base de données de géolocalisation, qui a directement accès à ces données, fournit une liste des canaux disponibles sans effectuer de calcul en temps réel en fonction de l'emplacement de l'utilisateur. Cette liste contiendra les informations suivantes:

- identificateur ou coordonnées géographiques du «pixel»;
- numéros des canaux disponibles (disponibles pour un «pixel» donné);

- caractéristiques techniques admissibles pour les dispositifs cognitifs, par exemple la puissance de rayonnement maximum autorisée et la durée de validité de l'information fournie.

Lorsqu'une bande de fréquences donnée est utilisée en partage par plusieurs services de radiocommunication, une matrice des canaux disponibles est établie pour chaque service et les différentes matrices sont ensuite réunies.

La base de données de géolocalisation devrait fournir les bandes de fréquences et les spécifications pouvant être utilisées par les systèmes de radiocommunication cognitifs afin de permettre à la fois leur exploitation et l'exploitation sans brouillage des autres dispositifs radioélectriques. Les autres dispositifs radioélectriques (qui sont les utilisateurs primaires du spectre) sont prioritaires sur les systèmes de radiocommunication cognitifs pour l'utilisation des canaux radioélectriques.

Avant de pouvoir émettre, un dispositif de radiocommunication cognitif devrait contacter la base de données de géolocalisation et échanger des informations de service afin de recevoir une liste des canaux/bandes de fréquences disponibles qu'il peut utiliser sans causer de brouillages aux utilisateurs primaires.

Les dispositifs cognitifs doivent communiquer avec la base de données afin d'ajuster leurs caractéristiques, par exemple la bande de fréquences qu'ils utilisent qui dépend du moment et de l'emplacement, ainsi que les paramètres de l'émetteur.

Annexe 2

Technologies de détection

1 Types de technologies de détection

Il est possible de classer les technologies de détection du spectre selon qu'elles sont à bande étroite ou à large bande. Les technologies de détection du spectre à bande étroite visent à exploiter des possibilités d'utilisation du spectre sur des plages suffisamment étroites pour que l'on considère que la réponse en fréquence est plate. Les technologies de détection du spectre à large bande visent à trouver des possibilités d'utilisation plus importantes sur une large plage pour atteindre un débit total opportuniste plus élevé.

Le Tableau A2-1 présente les avantages et les inconvénients des technologies classiques de détection du spectre à bande étroite.

TABLEAU A2-1

Technologies de détection à bande étroite [1],[2]	Avantages	Inconvénients
Détection d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> – Méthode de détection non cohérente qui ne nécessite pas d'informations préalables – Coût de calcul peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> – Peu efficace pour des rapports SNR faibles – Ne peut pas différencier les utilisateurs
Détection basée sur la forme d'onde	<ul style="list-style-type: none"> – Temps de mesure plus court – Grande fiabilité 	<ul style="list-style-type: none"> – Exige des informations préalables
Détection cyclostationnaire	<ul style="list-style-type: none"> – Valide dans les régions à faible rapport SNR – Résistante aux brouillages 	<ul style="list-style-type: none"> – Exige des informations préalables partielles – Coût de calcul élevé
Filtrage adapté	<ul style="list-style-type: none"> – Efficacité optimale grâce à la maximisation du rapport SNR – Coût de calcul peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> – Exige des informations préalables partielles communiquées par l'utilisateur primaire – Accroît la complexité de mise en oeuvre

Les technologies de détection du spectre à large bande peuvent être réparties en deux grandes catégories: la détection large bande Nyquist et la détection large bande sous-Nyquist. La première catégorie traite les signaux numériques à un débit égal ou supérieur au débit de Nyquist, tandis que la seconde traite les signaux numériques à un débit inférieur au débit de Nyquist.

Le Tableau A2-2 présente les avantages et les inconvénients des technologies existantes de détection du spectre à large bande.

TABLEAU A2-2

Technologies de détection à large bande [2]		Avantages	Inconvénients
Détection large bande Nyquist	Convertisseur ADC type	<ul style="list-style-type: none"> – Structure simple 	<ul style="list-style-type: none"> – Fréquence d'échantillonnage élevée – Coût de calcul élevé
	Echantillonnage à banc de filtres	<ul style="list-style-type: none"> – Faible fréquence d'échantillonnage – Plage dynamique élevée 	<ul style="list-style-type: none"> – Très complexe à mettre en oeuvre
Détection large bande sous-Nyquist	Echantillonnage compressé	<ul style="list-style-type: none"> – Faible fréquence d'échantillonnage – Coût d'acquisition du signal peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> – Sensible aux incohérences du modèle
	Echantillonnage sous-Nyquist multicanaux	<ul style="list-style-type: none"> – Faible fréquence d'échantillonnage – Supporte les incohérences du modèle 	<ul style="list-style-type: none"> – Nécessite de multiples canaux d'échantillonnage

2 Technologie de détection utilisant la sélection dynamique des fréquences

La sélection dynamique des fréquences (DFS) est l'une des techniques de réduction des brouillages permettant d'utiliser le spectre en partage. Les systèmes d'accès hertzien (WAS) doivent utiliser la fonction DFS pour assurer une protection appropriée dans la bande des 5 GHz.

Les Recommandations et Rapports pertinents relatifs à la sélection DFS dans les systèmes WAS sont indiqués ci-dessous:

- Recommandation UIT-R M.1652 – Utilisation de la sélection dynamique des fréquences dans les systèmes d'accès hertzien, y compris les réseaux locaux hertziens, aux fins de protection du service de radiopéage dans la bande des 5 GHz.
- Recommandation UIT-R M.1461 – Procédures d'évaluation des risques de brouillage entre des radars fonctionnant dans le service de radiopéage et les systèmes d'autres services.
- Recommandation UIT-R M.1638 – Caractéristiques et critères de protection applicables aux études de partage des radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz.
- Rapport UIT-R M.2034 – Incidences des impératifs de détection radar de la sélection dynamique des fréquences sur les récepteurs du système d'accès hertzien à 5 GHz.

La sélection DFS consiste à détecter les brouillages causés par un système radar et à éviter de fonctionner dans le même canal. La détection radar doit être utilisée en cas de fonctionnement dans des canaux dont la largeur de bande est située en partie ou complètement dans la gamme de fréquences entre 5 250 MHz et 5 350 MHz ou entre 5 470 MHz et 5 725 MHz. Cette obligation s'applique à tous les types de dispositifs WAS quel que soit le type de communication entre ces dispositifs.

Le Tableau A2-3 donne les spécifications liées à la détection et à la réponse, ainsi que les spécifications opérationnelles de la sélection DFS.

TABLEAU A2-3

Paramètre	Valeur
Seuil de détection DFS	–62 dBm pour les dispositifs dont la p.i.r.e. maximale est inférieure à 200 mW et –64 dBm pour les dispositifs dont la p.i.r.e. maximale est comprise entre 200 mW et 1 W (valeur moyenne calculée sur 1 μ s)
Durée de vérification de disponibilité du canal	60 s
Période de non-occupation	30 min
Durée de changement de canal	≤ 10 s

Références

- [1] T. Yucek and H. Arslan, «A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications», IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, p. 116-130, mars 2009.
- [2] H. Sun, A. Nallanathan, C. Wang and Y. Chen, «Wideband spectrum sensing for cognitive radio networks: A survey», IEEE Wireless Communications, vol. 20, p. 74-81, avril 2013.

Annexe 3

Caractéristiques et/ou critères de protection des services de radiocommunication dont les attributions de fréquence peuvent être utilisées par des systèmes CRS

On trouvera ci-après à titre d'exemple une liste de Recommandations et de Rapports pertinents relatifs aux caractéristiques et /ou aux critères de protection de différents services de radiocommunication.

1 Service mobile terrestre et service fixe

- Recommandation UIT-R M.478 – Caractéristiques techniques des équipements et principes à suivre pour l'assignation des voies entre 25 et 3 000 MHz pour le service mobile terrestre à modulation de fréquence
- Recommandation UIT-R M.1184 – Caractéristiques techniques des systèmes mobiles par satellite dans les bandes de fréquences inférieures à 3 GHz à utiliser pour élaborer des critères de partage entre le service mobile par satellite (SMS) et d'autres services
(NOTE – Contient les caractéristiques techniques de systèmes fonctionnant dans le service mobile terrestre par satellite)
- Recommandation UIT-R F.1402 – Critères de partage de fréquences entre un système d'accès hertzien mobile terrestre et un système d'accès hertzien fixe utilisant le même type d'équipement
- Recommandation UIT-R M.1450 – Caractéristiques des réseaux locaux hertziens à large bande
- Recommandation UIT-R M.1453 – Systèmes de transport intelligents – Communications spécialisées à courte distance à 5,8 GHz
- Recommandation 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
- Recommandation UIT-R M.1739 – Critères de protection applicables aux systèmes d'accès hertzien, notamment aux réseaux locaux radioélectriques, exploités dans le service mobile conformément à la Résolution **229 (CMR-03)** dans les bandes 5 150-5 250 MHz, 5 250-5 350 MHz et 5 470-5 725 MHz
- Recommandation UIT-R M.1808 – Caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes mobiles terrestres conventionnels et à canaux partagés exploités dans les fréquences attribuées au service mobile au-dessous de 869 MHz à utiliser dans les études de

partages (NOTE – La Section 2.1 de l'Annexe 1 contient les critères de protection du service mobile à utiliser dans les études de partage, selon lesquels un rapport brouillage/bruit (I/N) de -6 dB devrait être utilisé pour déterminer l'incidence des brouillages pour les systèmes mobiles terrestres et, pour les applications avec des critères de protection plus stricts, dans le cas par exemple des systèmes de protection civile et de secours en cas de catastrophe, on peut utiliser un rapport brouillage/bruit (I/N) de -10 dB)

- Recommandation UIT-R M.1823 – Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes mobiles terrestres cellulaires numériques à utiliser dans les études de partage
- Recommandation UIT-R M.1824 – Caractéristiques des systèmes de radiodiffusion télévisuelle en extérieur (TVOB), de reportage d'actualité électronique (ENG) et de production électronique sur le terrain (EFP) du service mobile à utiliser pour les études de partage
- Rapport UIT-R F.2086 – Caractéristiques techniques et opérationnelles et applications des systèmes d'accès hertzien à large bande dans le service fixe
- Rapport UIT-R M.2116 – Caractéristiques des systèmes d'accès hertzien large bande fonctionnant dans le service mobile terrestre à utiliser pour les études de partage
- Rapport UIT-R M.2228 – Radiocommunications pour les systèmes de transport intelligents (ITS) évolués
- Rapport UIT-R M.2242 – Systèmes de radiocommunication cognitifs pour les systèmes IMT

2 Service mobile par satellite et service de radiorepérage par satellite (SMS et SRRS)

- Recommandation UIT-R M.1039-3 – Partage de cofréquences entre stations du service mobile au-dessous de 1 GHz et stations terriennes mobiles des systèmes à satellites mobiles non géostationnaires (Terre-espace) utilisant l'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF)
- Recommandation UIT-R M.1184-2 – Caractéristiques techniques des systèmes mobiles par satellite dans les bandes de fréquences inférieures à 3 GHz à utiliser pour élaborer des critères de partage entre le service mobile par satellite (SMS) et d'autres services
- Recommandation UIT-R M.1318-1 – Modèle d'évaluation des brouillages continus causés par des sources radioélectriques autres que celles du service de radionavigation par satellite aux systèmes et réseaux du service de radionavigation par satellite fonctionnant dans les bandes 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz et 5 010-5 030 MHz
- Recommandation UIT-R M.1787-1 – Description des systèmes et réseaux du service de radionavigation par satellite (espace vers Terre et espace-espace) et caractéristiques techniques des stations spatiales d'émission fonctionnant dans les bandes 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz et 1 559-1 610 MHz
- Recommandation UIT-R M.1901 – Orientations générales concernant les Recommandations UIT-R relatives aux systèmes et réseaux du service de radionavigation par satellite fonctionnant dans les bandes de fréquences 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz, 1 559-1 610 MHz, 5 000-5 010 MHz et 5 010-5 030 MHz
- Recommandation UIT-R M.1902 – Caractéristiques et critères de protection applicables aux stations terriennes de réception du service de radionavigation par satellite (espace vers Terre) fonctionnant dans la bande 1 215-1 300 MHz

- Recommandation UIT-R M.1903 – Caractéristiques et critères de protection applicables aux stations terriennes de réception du service de radionavigation par satellite (espace vers Terre) et aux récepteurs du service de radionavigation aéronautique fonctionnant dans la bande 1 559-1 610 MHz
- Recommandation UIT-R M.1904 – Caractéristiques, critères de qualité de fonctionnement et critères de protection applicables aux stations de réception du service de radionavigation par satellite (espace-espace) fonctionnant dans les bandes de fréquences 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz et 1 559-1 610 MHz
- Recommandation UIT-R M.1905 – Caractéristiques et critères de protection applicables aux stations terriennes de réception du service de radionavigation par satellite (espace vers Terre) fonctionnant dans la bande 1 164-1 215 MHz
- Recommandation UIT-R M.1906 – Caractéristiques et critères de protection des stations spatiales de réception et caractéristiques des stations terriennes d'émission du service de radionavigation par satellite (Terre vers espace) fonctionnant dans la bande 5 000-5 010 MHz
- Recommandation UIT-R M.2030 – Méthode d'évaluation du brouillage par impulsions causé par des sources radioélectriques autres que celles du service de radionavigation par satellite aux systèmes et réseaux du service de radionavigation par satellite fonctionnant dans les bandes 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz et 1 559-1 610 MHz
- Recommandation UIT-R M.2031 – Caractéristiques et critères de protection des stations terriennes de réception et caractéristiques des stations spatiales d'émission du service de radionavigation par satellite (espace vers Terre) fonctionnant dans la bande 5 010-5 030 MHz
- Recommandation UIT-R 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
- Recommandation UIT-R M.1229 – Objectifs de qualité de fonctionnement applicables aux canaux numériques du service mobile aéronautique par satellite (SMAS) exploités entre 1 525 et 1 559 MHz et entre 1 626,5 et 1 660,5 MHz et ne faisant pas partie du RNIS
- Recommandation UIT-R S.1427 – Méthode et critères d'évaluation des brouillages causés par les émetteurs des systèmes d'accès hertziens/réseaux locaux hertziens (WAS/RLAN) de Terre aux liaisons de connexion du service mobile par satellite non géostationnaires dans la bande 5 150-5 250 MHz
- Recommandation UIT-R M.1454 – Limites de densité de p.i.r.e. et restrictions opérationnelles applicables aux émetteurs des RLAN ou d'autres systèmes d'accès hertzien pour assurer la protection des liaisons de connexion des systèmes non géostationnaires du service mobile par satellite dans la bande de fréquences 5 150-5 250 MHz
- Recommandation UIT-R M.1475 – Méthode de calcul des objectifs de qualité de fonctionnement des systèmes du service mobile par satellite non géostationnaire exploités dans la bande 1-3 GHz et n'utilisant pas la diversité de satellite
- Recommandation UIT-R M.1799 – Partage entre le service mobile et le service mobile par satellite dans la bande 1 668,4-1 675 MHz
- Recommandation UIT-R M.2046 – Caractéristiques et critères de protection des systèmes à satellites non géostationnaires du service mobile par satellite fonctionnant dans la bande 399,9-400,05 MHz

3 Autres services

La Recommandation UIT-R F.758 donne les critères de protection et d'autres caractéristiques pour les systèmes hertziens fixes dans différentes bandes.

Service mobile aéronautique (le long des routes)

- Recommandation UIT-R M.1827* – Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations du service mobile aéronautique (R) (SMA(R)) limité aux applications de surface dans les aéroports et aux stations du service mobile aéronautique (SMA) limité aux applications de sécurité aéronautique dans la bande 5 091-5 150 MHz
- Rapport UIT-R M.2121 – Lignes directrices pour les études de partages avec le SMA(R) dans la bande 960-1 164 MHz
- Rapport UIT-R M.2205 – Résultats des études de l'attribution au SMA(R) dans la bande 960-1 164 MHz et de l'attribution au SMA(R)S dans la bande 5 030-5 091 MHz pour prendre en charge les liaisons CNPC (communications de contrôle et non associées à la charge utile) des systèmes d'aéronef sans pilote (UAS)
- Rapport UIT-R M.2235 – Etudes de partage avec le service mobile aéronautique (le long des routes) dans la bande de fréquences 960-1 164 MHz
- Rapport UIT-R M.2171 – Caractéristiques des systèmes d'aéronef sans pilote (UAS) et besoins de spectre pour assurer la sécurité de leur exploitation dans un espace aérien non réservé
- Rapport UIT-R M.2237 – Etude de compatibilité pour la prise en charge des liaisons de contrôle en visibilité directe et des liaisons de communication non associées à la charge utile des systèmes d'aéronef sans pilote proposés dans la bande de fréquences 5 030-5 091 MHz
- Rapport UIT-R M.2238 – Etude de compatibilité pour la prise en charge des liaisons de contrôle en visibilité directe et des liaisons de communication non associées à la charge utile des systèmes d'aéronef sans pilote proposés dans la bande de fréquences 5 091-5 150 MHz

Service mobile aéronautique

- Recommandation UIT-R M.1459 – Critères de protection applicables aux systèmes de télémesure du service mobile aéronautique et techniques de réduction des brouillages propres à faciliter le partage avec les services de radiodiffusion par satellite géostationnaire et mobile par satellite géostationnaire dans les bandes de fréquences 1 452-1 525 MHz et 2 310-2 360 MHz
- Recommandation UIT-R M.1828 – Prescriptions techniques et opérationnelles applicables aux stations d'aéronef du service mobile aéronautique limité aux transmissions de télémesure pour les essais en vol dans les bandes au voisinage de 5 GHz
- Recommandation UIT-R M.2089 – Caractéristiques techniques et critères de protection applicables aux systèmes du service mobile aéronautique dans la gamme de fréquences 14,5-15,35 GHz
- Avant-projet de nouvelle Recommandation UIT-R M.[AMS-CHAR-24]* – Caractéristiques techniques et critères de protection applicables aux systèmes du service mobile aéronautique dans les bandes de fréquences 22,5-23,6 et 25,25-27,5 GHz
- Rapport UIT-R M.2118 – Compatibilité entre les systèmes proposés dans le service mobile aéronautique et le service fixe par satellite existant dans la bande 5 091-5 250 MHz

- Rapport UIT-R M.2119 – Partage entre les systèmes de télémétrie du service mobile aéronautique pour les essais en vol et les autres systèmes fonctionnant dans les bandes 4 400-4 940 et 5 925-6 700 MHz
- Rapport UIT-R M.2221 – Possibilités d'exploitation du SMS dans certaines bandes de fréquences

Service de radionavigation

- Recommandation UIT-R M.1461* – Procédures d'évaluation des risques de brouillage entre des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage et les systèmes d'autres services
- Recommandation UIT-R M.1796-2 – Caractéristiques des radars terrestres du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande de fréquences 8 500-10 680 MHz, et critères de protection applicables à ces radars
- Recommandation UIT-R M.1851 – Modèles mathématiques pour les diagrammes d'antenne des systèmes radar du service de radiorepérage à utiliser dans les analyses de brouillage

Service de radionavigation aéronautique

- Recommandation UIT-R M.1461* – Procédures d'évaluation des risques de brouillage entre des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage et les systèmes d'autres services
- Recommandation UIT-R M.1464* – Caractéristiques des radars de radiolocalisation, et caractéristiques et critères de protection applicables aux études de partage des radars de radionavigation aéronautique et des radars météorologiques du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande 2 700-2 900 MHz
- Recommandation UIT-R M.1584 – Méthode de détermination des distances de coordination, dans la bande des 5 GHz, entre des stations du système d'atterrissage hyperfréquences international normalisé exploitées dans le service de radionavigation aéronautique et des stations du service de radionavigation par satellite (Terre vers espace)
- Recommandation UIT-R M.1638* – Caractéristiques et critères de protection applicables aux radars de radiolocalisation, de radionavigation aéronautique et de météorologie fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz
- Recommandation UIT-R M.1639 – Critères de protection du service de radionavigation aéronautique vis-à-vis de l'ensemble des émissions des stations spatiales du service de radionavigation par satellite dans la bande 1 164-1 215 MHz
- Recommandation UIT-R M.1642 – Méthode d'évaluation de la puissance surfacique équivalente cumulative maximale produite au niveau d'une station du service de radionavigation aéronautique par tous les systèmes du service de radionavigation par satellite exploités dans la bande 1 164-1 215 MHz
- Recommandation UIT-R M.1830 – Caractéristiques techniques et critères de protection des systèmes du service de radionavigation aéronautique dans la bande 645-862 MHz
- Recommandation UIT-R M.2007 – Caractéristiques des radars du service de radionavigation aéronautique fonctionnant dans la bande 5 150-5 250 MHz et critères de protection applicables à ces radars
- Recommandation UIT-R M.2008-1 – Caractéristiques des radars du service de radionavigation aéronautique fonctionnant dans la bande 13,25-13,40 GHz et critères de protection applicables à ces radars
- Recommandation UIT-R M.2013 – Caractéristiques techniques des systèmes de radionavigation aéronautique non OACI fonctionnant au voisinage de 1 GHz et critères de protection applicables à ces systèmes

- Rapport UIT-R M.2112 – Compatibilité/partage entre, d'une part, les radars de surveillance des aéroports et les radars météorologiques et, d'autre part, les systèmes IMT dans la bande 2 700-2 900 MHz
- Recommandation UIT-R M.1851 – Modèles mathématiques pour les diagrammes d'antenne des systèmes radar du service de radiorepérage à utiliser dans les analyses de brouillage
- Recommandation UIT-R M.2059 – Caractéristiques opérationnelles et techniques et critères de protection des radioaltimètres utilisant la bande 4 200-4 400 MHz

Service de radionavigation maritime

- Recommandation UIT-R M.824 – Caractéristiques techniques des balises radar (racons)
- Recommandation UIT-R M.1176 – Caractéristiques techniques des renforceurs d'échos radar
- Recommandation UIT-R M.629 – Utilisation par le service de radionavigation des bandes de fréquences 2 900-3 100 MHz, 5 470-5 650 MHz, 9 200-9 300 MHz, 9 300-9 500 MHz et 9 500-9 800 MHz
- Recommandation UIT-R M.1461* – Procédures d'évaluation des risques de brouillage entre des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage et les systèmes d'autres services
- Recommandation UIT-R M.1851 – Modèles mathématiques pour les diagrammes d'antenne des systèmes radar du service de radiorepérage à utiliser dans les analyses de brouillage
- Rapport UIT-R M.2050 – Résultats d'essais illustrant la vulnérabilité des radars de radionavigation maritime aux émissions des systèmes de communication et des systèmes à impulsions numériques fonctionnant dans les bandes 2 900-3 100 MHz et 9 200-9 500 MHz
- Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage
- Rapport UIT-R M.2032 – Essais illustrant la compatibilité entre les radars de radionavigation maritime et les émissions de radars de radiolocalisation dans la bande 2 900-3 100 MHz
- Recommandation UIT-R M.2058 – Caractéristiques du système numérique NAVDAT de diffusion d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer dans le sens côtière-navire dans les bandes de fréquences des ondes décamétriques attribuées au service mobile maritime

Service de radionavigation

- Recommandation UIT-R M.1227 – Caractéristiques techniques et d'exploitation des radars profileurs de vent dans les bandes situées au voisinage de 1 000 MHz
- Recommandation UIT-R M.1460* – Caractéristiques techniques et d'exploitation et critères de protection des radars de radiorepérage fonctionnant dans la bande 2 900-3 100 MHz
- Recommandation UIT-R M.1461* – Procédures d'évaluation des risques de brouillage entre des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage et les systèmes d'autres services
- Recommandation UIT-R M.1462 – Caractéristiques et critères de protection des radars fonctionnant dans le service de radiolocalisation dans la gamme de fréquences 420-450 MHz
- Recommandation UIT-R M.1463 – Caractéristiques et critères de protection des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage dans la bande de fréquences 1 215-1 400 MHz

- Recommandation UIT-R M.1465* – Caractéristiques et critères de protection des radars fonctionnant dans le service de radiorepérage dans la gamme de fréquences 3 100-3 700 MHz
- Recommandation UIT-R M.1638* – Caractéristiques et critères de protection à utiliser pour les études de partage entre les radars de radiolocalisation (sauf les radars de météorologie au sol) et les radars de radionavigation aéronautique fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 5 250 et 5 850 MHz
- Recommandation UIT-R M.1849* – Aspects techniques et opérationnels des radars météorologiques au sol
- Recommandation UIT-R M.1851 – Modèles mathématiques pour les diagrammes d'antenne des systèmes radar du service de radiorepérage à utiliser dans les analyses de brouillage
- Rapport UIT-R M.2013 – Radars profileurs de vent
- Rapport UIT-R M.2112 – Compatibilité/partage entre, d'une part, les radars de surveillance des aéroports et les radars météorologiques et, d'autre part, les systèmes IMT dans la bande 2 700-2 900 MHz
- Rapport UIT-R M.2136 – Analyse théorique et résultats des tests concernant la détermination des critères pertinents de protection des radars météorologiques au sol contre les brouillages
- Recommandation UIT-R M.1372 – Utilisation efficace du spectre radioélectrique par les stations radar du service de radiorepérage
- Recommandation UIT-R M.1464* – Caractéristiques des radars de radiolocalisation, et caractéristiques et critères de protection applicables aux études de partage des radars de radionavigation aéronautique et des radars météorologiques du service de radiorepérage fonctionnant dans la bande 2 700-2 900 MHz
- Rapport UIT-R M.2032 – Essais illustrant la compatibilité entre les radars de radionavigation maritime et les émissions de radars de radiolocalisation dans la bande 2 900-3 100 MHz

SFS et SRS

- Recommandation UIT-R S.465 – Diagramme de rayonnement de référence pour des antennes de station terrienne du service fixe par satellite, à utiliser pour la coordination et pour l'évaluation des brouillages dans la gamme des fréquences comprises entre 2 et 31 GHz
- Recommandation UIT-R S.466 – Niveau maximal admissible du brouillage, dans une voie téléphonique d'un réseau à satellite géostationnaire du service fixe par satellite utilisant la modulation de fréquence avec multiplexage en fréquence, produit par d'autres réseaux de ce service
- Recommandation UIT-R S.483 – Niveau maximal admissible du brouillage, dans un canal de télévision d'un réseau à satellite géostationnaire du service fixe par satellite utilisant la modulation de fréquence, produit par d'autres réseaux de ce service
- Recommandation UIT-R S.523 – Niveaux maximaux admissibles du brouillage, dans un réseau à satellite géostationnaire du service fixe par satellite utilisant la téléphonie à codage MIC à 8 bits, produit par d'autres réseaux de ce service
- Recommandation UIT-R S.524 – Niveaux maximaux admissibles de la densité de p.i.r.e. hors axe rayonnée par les stations terriennes des réseaux à satellite géostationnaire du service fixe par satellite fonctionnant dans les bandes de fréquences des 6 GHz, des 13 GHz, des 14 GHz et des 30 GHz

- Recommandation UIT-R S.728 – Niveau maximal admissible de la densité de p.i.r.e. hors axe des microstations
- Recommandation UIT-R S.735 – Niveaux maximaux admissibles, dans un réseau du service fixe par satellite géostationnaire, du brouillage provoqué par d'autres réseaux de ce service en dessous de 15 GHz, pour un conduit numérique fictif de référence (CNFR) faisant partie du RNIS
- Recommandation UIT-R S.1323 – Niveaux maximaux admissibles de brouillage dans un réseau à satellite (OSG du SFS; non OSG du SFS; liaisons de connexion non OSG du SMS) occasionnés dans le service fixe par satellite par d'autres réseaux du SFS exploités dans le même sens, au-dessous de 30 GHz
- Recommandation UIT-R S.1426 – Limites de puissance surfacique cumulative sur l'orbite d'un satellite du SFS pour les émetteurs des réseaux locaux hertziens (RLAN) fonctionnant dans la bande 5 150-5 250 MHz et partageant des fréquences avec le SFS (Numéro 5.447A du RR)
- Recommandation UIT-R S.1427 – Méthode et critères d'évaluation des brouillages causés par les émetteurs des systèmes d'accès hertziens/réseaux locaux hertziens (WAS/RLAN) de Terre aux liaisons de connexion du service mobile par satellite non géostationnaires dans la bande 5 150-5 250 MHz
- Recommandation UIT-R S.1432 – Répartition des dégradations admissibles de la qualité de fonctionnement en termes d'erreurs occasionnées à des conduits numériques fictifs de référence du service fixe par satellite par des brouillages non variables dans le temps pour des systèmes fonctionnant au-dessous de 30 GHz
- Recommandation UIT-R S.1528 – Diagrammes de rayonnement pour les antennes de satellite non géostationnaire utilisées dans le service fixe par satellite au-dessous de 30 GHz
- Recommandation UIT-R S.1587 – Caractéristiques techniques des stations terriennes de navire communiquant avec des satellites du service fixe par satellite dans les bandes de fréquences 5 925-6 425 MHz et 14-14,5 GHz qui sont attribuées au service fixe par satellite
- Recommandation UIT-R S.1711 – Améliorations des performances du protocole de commande de transmission sur les réseaux à satellite
- Recommandation UIT-R S.1716 – Objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité pour les systèmes de télémétrie, de poursuite et de télécommande du SFS
- Recommandation UIT-R 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
- Recommandation UIT-R S.1856 – Méthodes à appliquer pour déterminer si les émissions d'une station IMT située en un lieu donné et fonctionnant dans la bande 3 400-3 600 MHz ne dépasseront pas les limites de puissance surfacique indiquées dans les numéros **5.430A**, **5.432A**, **5.432B** et **5.433A** du Règlement des radiocommunications
- Recommandation UIT-R 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
- Recommandation UIT-R BO.792 – Rapports de protection contre les brouillages dans le service de radiodiffusion par satellite (télévision) dans la bande des 12 GHz

- Recommandation UIT-R 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
- Recommandation UIT-R BO.1293 – Gabarits de protection et méthodes de calcul associées pour les brouillages causés aux systèmes de radiodiffusion par satellite dans le cas d'émissions numériques
- Recommandation UIT-R BO.1773 – Critère d'évaluation de l'incidence des brouillages occasionnés au service de radiodiffusion par satellite par les rayonnements de dispositifs sans attribution de fréquence correspondante dans le Règlement des radiocommunications et qui produisent des rayonnements fondamentaux dans les bandes de fréquences attribuées au service de radiodiffusion par satellite
- Recommandation UIT-R BO.1776 – Puissance surfacique maximale pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande 21,4-22,0 GHz dans les Régions 1 et 3
- Recommandation UIT-R BO.1898 – Valeur de puissance surfacique nécessaire pour assurer la protection des stations terriennes de réception du service de radiodiffusion par satellite dans les Régions 1 et 3 contre les émissions d'une station des services fixe et/ ou mobile dans la bande 21,4-22 GHz
- Recommandation UIT-R 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
- Rapport UIT-R M.2109 – Etudes de partage entre les systèmes des IMT évoluées et les réseaux à satellite géostationnaires du service fixe par satellite dans les bandes 3 400-4 200 MHz et 4 500-4 800 MHz.
- Rapport UIT-R S.2199 – Etudes sur la compatibilité des systèmes d'accès hertzien large bande (BWA) et des réseaux du service fixe par satellite (SFS) dans la bande 3 400-4 200 MHz
- Rapport UIT-R BO.631 – Partage des fréquences entre le service de radiodiffusion (sonore et télévision) par satellite et les services de Terre
- Rapport UIT-R BO.634 – Mesures des rapports de protection contre le brouillage pour la planification des systèmes de radiodiffusion de télévision

Annexe 4

Etudes sur les systèmes de radiocommunication cognitifs en Europe

Publications

Les études de la CEPT relatives aux exigences techniques et opérationnelles applicables à l'exploitation de dispositifs utilisant les espaces blancs (WSD) dans la bande de fréquences 470-790 MHz sont présentées dans les rapports suivants: Rapport 159 de l'ECC [1]; Rapport 185 de l'ECC [2] et Rapport 186 de l'ECC [3].

L'ETSI a publié la norme EN 301 598 V1.1.1 (avril 2014) relative aux systèmes d'accès hertzien fonctionnant entre 470 MHz et 790 MHz.

En 2015, la CEPT/ECC a publié le Rapport 236 de l'ECC contenant des orientations relatives à la mise en oeuvre au niveau national d'un cadre réglementaire applicable aux dispositifs utilisant les espaces blancs de télévision et faisant appel à des bases de données de géolocalisation.

L'ECC n'a pas adopté de mesures d'harmonisation relatives à la possible utilisation de la bande 470-790 MHz par les dispositifs WSD et ne prévoit pas de le faire.

Les services/systèmes de radiocommunication existants pris en compte dans les études techniques, ainsi qu'un résumé des rapports susmentionnés, sont présentés ci-après:

Services/systèmes de radiocommunication existants

Les rapports susmentionnés contiennent une analyse de la protection des services/systèmes de radiocommunication existants suivants:

- Service de radiodiffusion (SR) de Terre, en particulier radiodiffusion DVB-T.
- Systèmes PMSE (réalisation de programmes et événements spéciaux), en particulier microphones radio.
- Service de radioastronomie (SRA) dans la bande 608-614 MHz.
- Service de radionavigation aéronautique (SRNA) dans la bande 645-790 MHz.
- Service mobile (SM) au-dessous de 470 MHz et au-dessus de 790 MHz.

Résumé des rapports ECC susmentionnés

Le Rapport 159 [1] de l'ECC, qui est le point de départ des travaux de recherche sur les systèmes CRS, présente des études sur la compatibilité entre les dispositifs WSD et certains des services/systèmes de radiocommunication existants indiqués ci-dessus. Ces études portaient sur des dispositifs WSD autonomes utilisant la détection. Le rapport a mis en évidence une liste de domaines devant être examinés plus avant, qui peuvent être résumés comme suit:

- Domaines se rapportant aux caractéristiques des dispositifs WSD.
- Considérations techniques relatives à la protection du service de radiodiffusion.
- Considérations techniques relatives à la protection des systèmes PMSE.
- Spécification et mise en oeuvre des exigences pour la méthode utilisant des bases de données de géolocalisation.

Suite à cela, le Rapport 185 de l'ECC [2] est venu compléter l'analyse contenue dans le Rapport 159 de l'ECC [1] et porte sur les points suivants:

- a) Classification des dispositifs utilisant les espaces blancs (WSD) et méthodes possibles pour définir des limites fixes de puissance maximum autorisée pour les dispositifs WSD.
- b) Considérations relatives à la détection collaborative du spectre pour remédier aux mauvaises conditions de transmission dans un canal propres à un emplacement.
- c) Protection de la radiodiffusion: analyse complémentaire sur la sensibilité des paramètres de base (probabilité de couverture des emplacements, évaluation de la couverture) et sur la qualité de fonctionnement des récepteurs DTT en présence de dispositifs WSD.
- d) Protection des systèmes PMSE.
- e) Protection du SRNA.
- f) Incidences des brouillages causés par les dispositifs WSD sur les services mobiles fonctionnant dans les bandes adjacentes à la bande 470-790 MHz.
- g) Exemples d'activités de recherche menées au niveau national sur les fréquences qui pourraient être disponibles pour les dispositifs WSD.

Le Rapport 186 de l'ECC [3], qui complète le Rapport 185 de l'ECC [2], a été élaboré en vue d'analyser les exigences techniques et opérationnelles applicables à l'exploitation des dispositifs WSD avec une base de données de géolocalisation, à savoir:

- a) Considérations relatives à précision de la localisation des dispositifs WSD.
- b) Principes généraux et exigences opérationnelles applicables aux dispositifs WSD fonctionnant selon le modèle dispositif pilote/dispositif asservi.
- c) Gestion de la base de données.
- d) Exemples de processus de traduction dans la base de données de géolocalisation pour protéger les services/systèmes de radiocommunication existants.
- e) Considérations relatives à l'association de la détection et de la géolocalisation.

Il est à noter que ces rapports visent pour l'essentiel à fournir des orientations aux administrations de la CEPT qui pourraient envisager de mettre en oeuvre des systèmes de radiocommunication cognitifs dans la gamme de fréquences 470-790 MHz au niveau national.

Il convient en outre de noter qu'une harmonisation des exigences associées à la base de données de géolocalisation et à ses interfaces est en cours dans le cadre de l'ETSI.

Références

- [1] Rapport 159 de l'ECC:
Technical and operational requirements for the possible operation of cognitive radio systems in the 'white spaces' of the frequency band 470-790 MHz (Exigences techniques et opérationnelles pour la possible exploitation de systèmes de radiocommunication cognitifs dans les «espaces blancs» de la bande de fréquences 470-790 MHz).
- [2] Rapport 185 de l'ECC:
Further definition of technical and operational requirements for the operation of white space devices in the band 470-790 MHz (Exigences techniques et opérationnelles complémentaires pour l'exploitation de dispositifs utilisant les espaces blancs dans la bande 470-790 MHz).
- [3] Rapport 186 de l'ECC:
Technical and operational requirements for the operation of white space devices under geo-location approach (Exigences techniques et opérationnelles pour l'exploitation de dispositifs utilisant les espaces blancs fondée sur la géolocalisation).
- [4] Rapport 236 de l'ECC:
Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geolocation databases (Orientations concernant la mise en oeuvre au niveau national d'un cadre réglementaire applicable aux dispositifs utilisant les espaces blancs de télévision avec bases de données de géolocalisation).

Annexe 5

Etudes menées par la Fédération de Russie sur les fréquences temporairement non utilisées/non occupées dans les bandes attribuées au service de radiodiffusion

La présente Annexe donne une méthode pour quantifier les fréquences temporairement non utilisées/non occupées et contient une analyse de l'un des scénarios de mise en oeuvre des systèmes de radiocommunication cognitifs. Elle repose sur les études menées par la Fédération de Russie.

La bande de fréquences 470-790 MHz est largement utilisée par le service de radiodiffusion et constitue la principale ressource spectrale pour la mise en oeuvre et le développement de la radiodiffusion numérique de Terre en Fédération de Russie.

Une évaluation des fréquences disponibles correspondant aux espaces blancs en Fédération de Russie dans les bandes attribuées à la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre a été réalisée pour la région d'Arkhangelsk. Cette évaluation ne tenait pas compte de l'utilisation de ces fréquences par les systèmes du SRNA (645-790 MHz), par les services auxiliaires de la radiodiffusion (SAB/SAP), par les systèmes de radiodiffusion par câble et, dans certains cas, par les stations de radiodiffusion télévisuelle analogique.

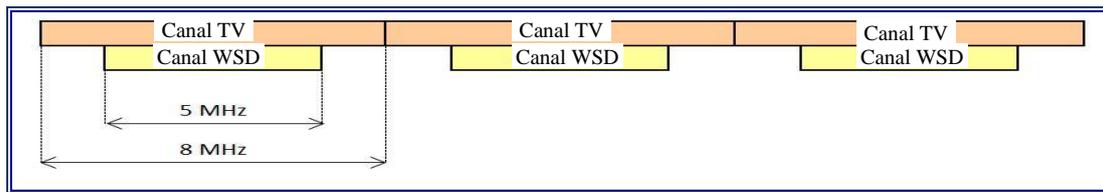
Méthode pour quantifier les fréquences temporairement non utilisées/non occupées

La méthode utilisée pour évaluer la quantité de spectre disponible pour les dispositifs utilisant les espaces blancs (WSD) repose sur les hypothèses suivantes:

- Utilisation simultanée de la bande 470-694 MHz par le service de radiodiffusion et les dispositifs WSD.
- Dégradation de 1% de la probabilité de couverture des emplacements pour la télévision numérique utilisée comme critère de disponibilité.
- Dispositifs WSD installés à 30 m au-dessus du sol.
- Utilisation des rapports de protection pour les cas le plus défavorables tirés de la Recommandation UIT-R BT.1368 pour les brouillages causés par les systèmes LTE (protection de 90% pour les syntoniseurs au silicium et option de charge utile de 0% pour les dispositifs WSD).
- Modèle de propagation: espace libre et écart type de 3,5 dB pour les distances allant jusqu'à 80 m, Recommandation UIT-R P.1546 et écarts type de 5,5 dB pour les distances supérieures.
- Somme des signaux brouilleurs non prise en compte.
- Discrimination due à la directivité de l'antenne de réception prise en compte à chaque point.
- Largeur de bande de 5 MHz pour les dispositifs WSD et attribution des canaux WSD de telle manière que la fréquence centrale de ces canaux coïncide avec la fréquence centrale des canaux de télévision (voir la Fig. A5-1).

FIGURE A5-1

Grille des canaux utilisés pour la télévision et les dispositifs WSD



Estimation du spectre disponible

La Figure A5-2 est une carte montrant la quantité de spectre disponible dans la région pour une p.i.r.e. de 20 dBm. La région se caractérise par un relief uniforme, une faible densité de stations de télévision et des localités relativement espacées, en particulier dans sa partie nord.

La Figure A5-3 montre l'évolution du nombre de canaux libres pour les dispositifs cognitifs en fonction du pourcentage du territoire régional où ces canaux libres sont disponibles. La Figure A5-4 montre l'évolution du nombre de canaux libres en fonction du pourcentage de la population de la région pour laquelle ces canaux sont disponibles.

FIGURE A5-2

Exemple de carte des fréquences disponibles pour les dispositifs WSD pour une puissance de 20 dBm (100 mW) dans la région d'Arkhangelsk

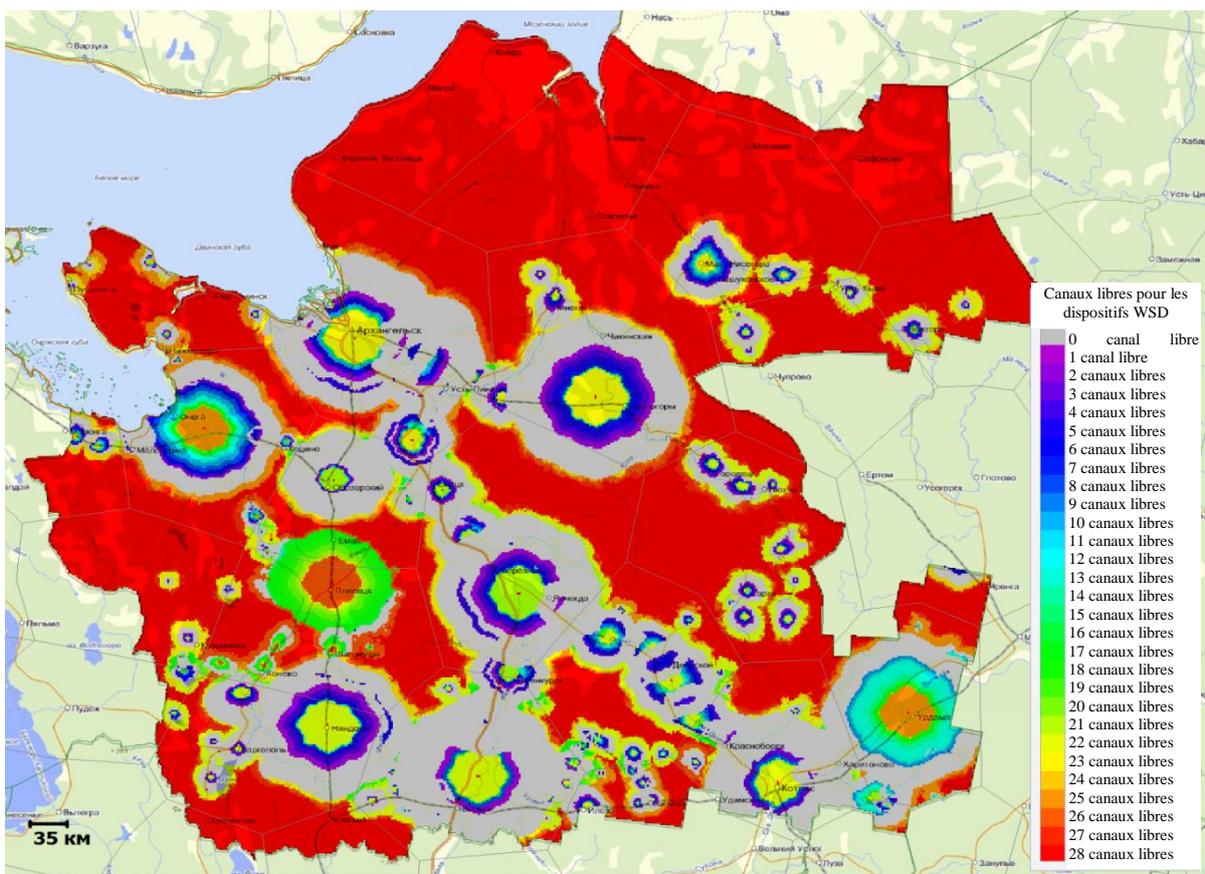


FIGURE A5-3

Résultats de l'analyse des canaux attribués de manière dynamique disponibles pour les dispositifs WSD en fonction du % de pixels, où ces canaux sont disponibles

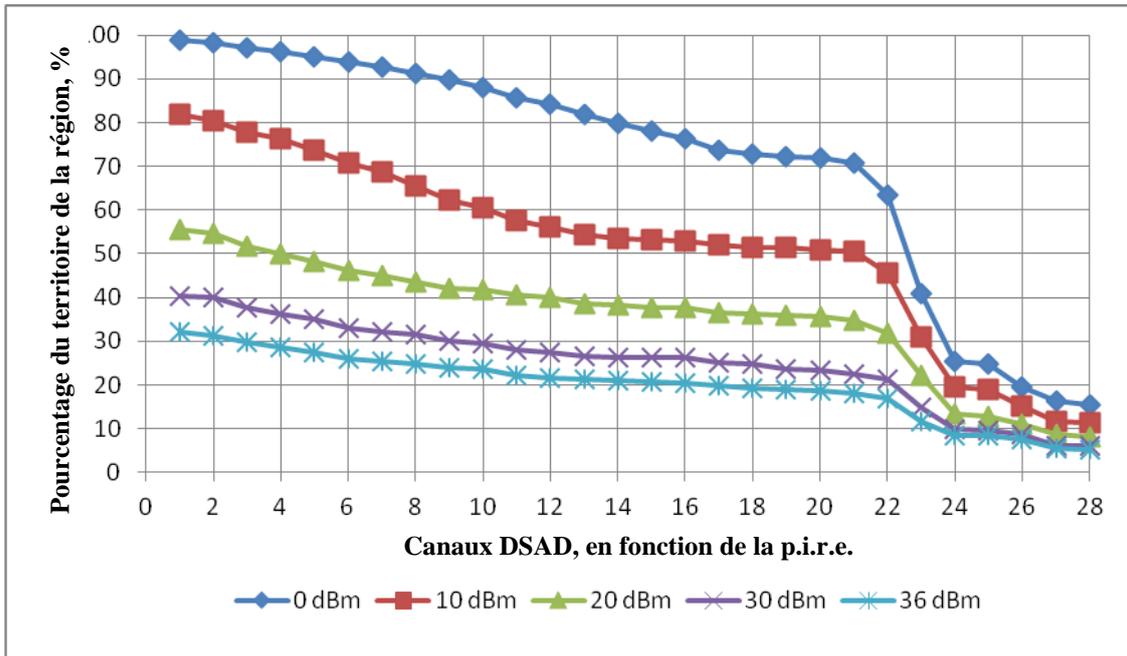
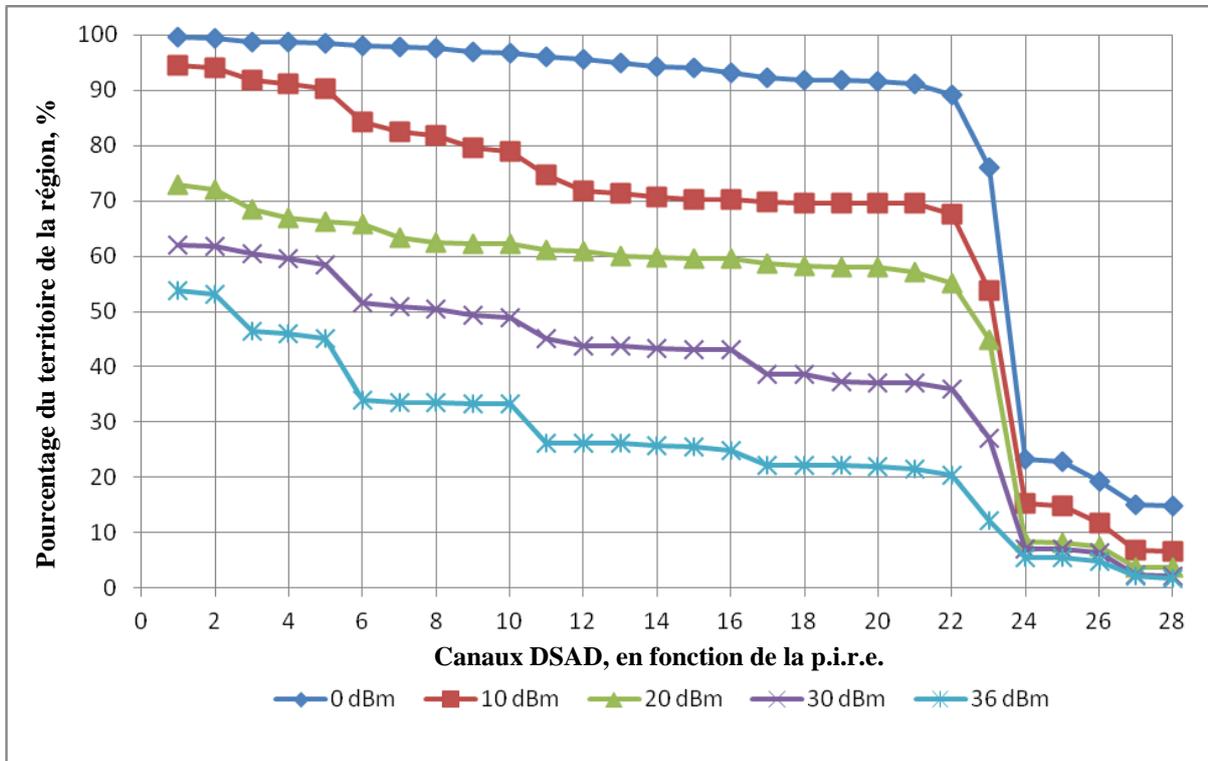


FIGURE A5-4

Résultats de l'analyse des canaux attribués de manière dynamique disponibles pour les dispositifs WSD en fonction du % de la population, pour laquelle ces canaux sont disponibles



L'estimation du spectre disponible pour la mise en oeuvre des dispositifs WSD a été réalisée dans une région de Fédération de Russie. Les résultats des calculs montrent qu'avec des dispositifs WSD de faible puissance (p.i.r.e. de 0 dBm), 20 canaux sont disponibles pour 90% de la population de la région, mais qu'avec des dispositifs WSD de forte puissance (p.i.r.e. de 36 dBm), 20 canaux sont

disponibles pour seulement 20% de la population de la région et que les localités dans lesquelles ces canaux sont disponibles (qui représentent 20% de la population) sont situées à proximité des stations de télévision.

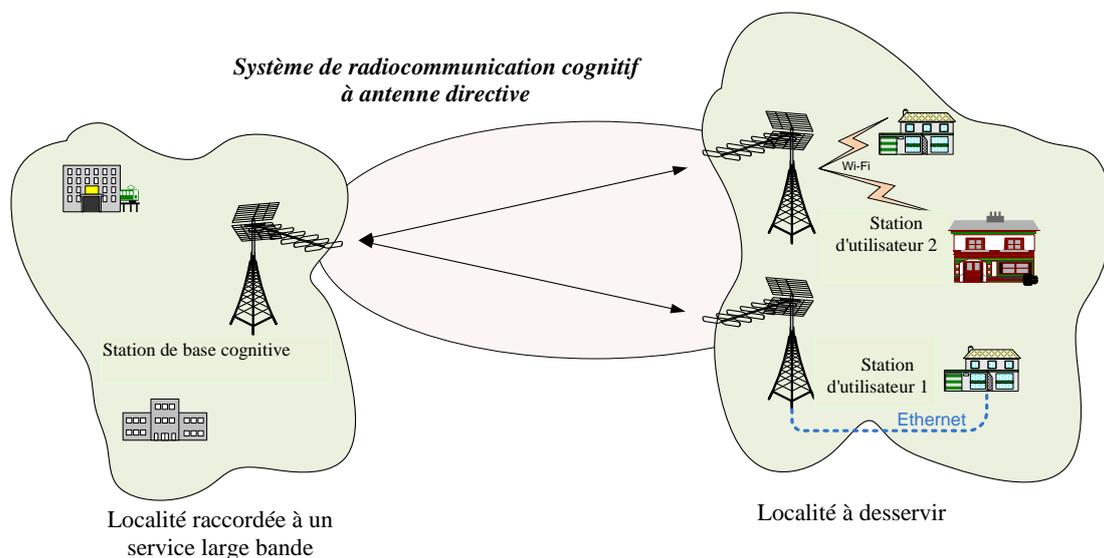
Il convient de noter que les calculs présentés ne tenaient pas compte du brouillage cumulatif causé par de multiples dispositifs WSD, qui pourrait réduire la quantité de spectre disponible pour ces dispositifs.

Scénarios de mise en oeuvre d'une liaison de radiocommunication point à point

La Fédération de Russie compte de nombreuses petites localités dans lesquelles l'accès large bande n'est pas disponible. Le scénario de mise en oeuvre type pour un système de radiocommunication cognitif dans ce cas consiste à déployer la tête de réseau dans une localité où un accès Internet large bande fixe est disponible et à déployer les stations d'utilisateur dans une localité isolée. Dans ce cas, la tête de réseau et les stations distantes pourraient utiliser des antennes directives (voir la Fig. A5-5).

FIGURE A5-5

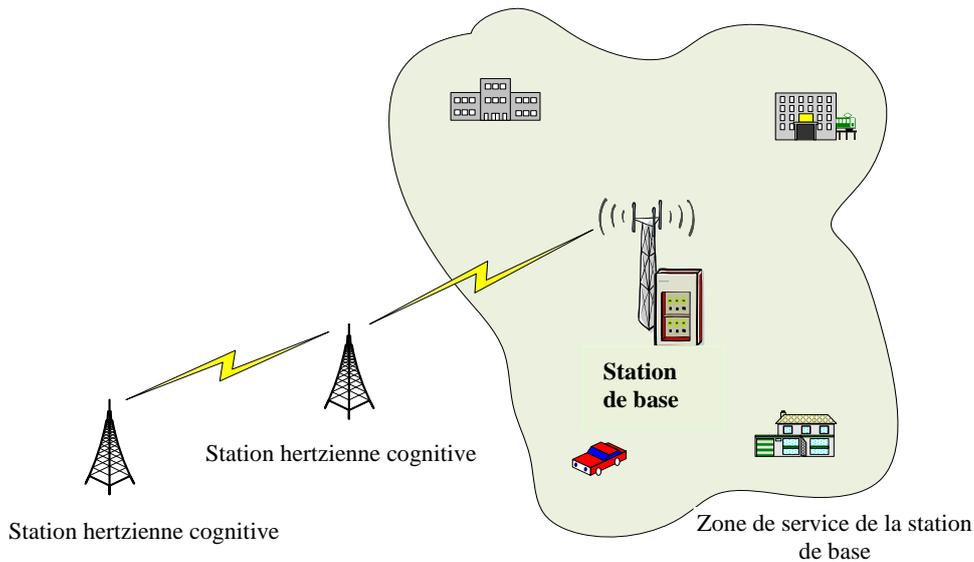
Liaison point à multipoint entre localités utilisant des antennes directives dans la bande de fréquences 470-686 MHz



Des petites stations de base LTE (microcellules) ou des points d'accès WiFi large bande pourraient être déployés dans la localité pour servir de station d'utilisateur d'un système de radiocommunication cognitifs. Grâce à cette topologie, les habitants pourraient se connecter aux réseaux publics via des interfaces radioélectriques types de dispositifs d'abonné grand public et ainsi utiliser des fréquences non occupées dans la bande 470-790 MHz pour les communications. La Figure A5-6 montre une liaison de radiocommunication à plusieurs bonds utilisant un système de radiocommunication cognitif.

FIGURE A5-6

Liaison hertzienne entre localités utilisant une technologie cognitive



Cette méthode présente notamment l'avantage de ne pas nécessiter d'opérateur de télécommunication particulier. Comme pour les systèmes de radiocommunication exemptés de licence, les utilisateurs eux-mêmes ou une entreprise autorisée s'occupent de l'installation et du fonctionnement du système CRS conformément aux règles en vigueur en la matière en Fédération de Russie.

Pour garantir le fonctionnement sans brouillage des systèmes de radiocommunication primaires protégés dans la bande attribuée à la radiodiffusion, il convient d'utiliser des antennes très directives et d'appliquer des valeurs admissibles de puissance rayonnée. Le Tableau A5-1 donne des exemples de distances calculées pour des liaisons de radiocommunication point à point et point à multipoint utilisant des émetteurs de faible puissance et de puissance moyenne et des antennes directives Yagi analogues à celles utilisées pour la réception de la radiodiffusion télévisuelle de Terre dans la bande de fréquences 470-790 MHz.

TABLEAU A5-1

Exemple de calcul de la distance entre localités pour une liaison d'accès large bande/hertzienne dans la gamme des 600 MHz utilisant des antennes fixes telles que celles utilisées dans la radiodiffusion télévisuelle

Les calculs ont été effectués pour des paramètres de modulation analogues à ceux utilisés pour la radiodiffusion DVB-T2

Paramètre	Faible puissance longue distance	Faible puissance moyenne distance	Faible puissance courte distance	Forte puissance longue distance	Forte puissance moyenne distance	Forte puissance courte distance
Puissance de l'émetteur, W	1	1	1	25	25	25
Gain d'antenne, dBd	12	12	10	12	12	10
Hauteur d'antenne, m	10	10	10	10	10	10
Pertes dues à la ligne d'alimentation, dB	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
p.a.r., dBW	9,5	9,5	7,5	23,5	23,5	21,5
Modulation	QPSK	MAQ-64	MAQ-256	QPSK	MAQ-64	MAQ-256
Rendement de codage	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
Capacité, Mbit/s	11	22	44,3	11	22	44,3
Champ minimal pour 70% des emplacements, dB(μ V/m)	35,6	42,0	51,8	35,6	42,0	51,8
Distance maximum pour un relief modérément accidenté Rec. UIT-R P.1546-4	6,8	5,0	2,8	13,6	9,9	5,7
Distance maximum pour un trajet en visibilité directe Rec. UIT-R P.1812-2	9,1	6,6	5,2	33	20,1	14,7

Il faut garantir la réduction des brouillages causés à la radiodiffusion télévisuelle dans la bande de fréquences 470-790 MHz lors de l'installation et du réglage des systèmes CRS. Pour ce faire, il est possible d'appliquer les mesures suivantes:

- Optimisation de l'emplacement et du pointage des antennes CRS.
- Réduction de la puissance rayonnée par le système CRS.
- Interdiction stricte d'utiliser certains canaux radioélectriques pour les systèmes CRS installés même si la fonction ACS du système CRS (base de données de géolocalisation) a donné la permission.
- Insertion de filtres additionnels pour la sélection des fréquences à la sortie du système CRS.

L'application de ces mesures de réduction des brouillages sur place peut permettre d'améliorer considérablement les conditions dans certains cas compliqués, par exemple dans la partie la plus éloignée de la zone de service ou dans la région de la pénombre où le niveau des signaux de radiodiffusion télévisuelle de Terre reçus est relativement bas. Seules de telles méthodes d'installation permettraient d'offrir les meilleures conditions possibles pour garantir la compatibilité électromagnétique avec la radiodiffusion télévisuelle.

Pour confirmer la viabilité sur le territoire du district de Moscou, des essais ont été réalisés sur le terrain. Afin de protéger la radiodiffusion télévisuelle, on a utilisé l'immunité au bruit du système de modulation numérique correspondant à la modulation COFDM MAQ-64 dans une largeur de bande de canal de 8 MHz. Le Tableau A5-2 montre la valeur de champ minimum pour le canal 40 de télévision.

TABLEAU A5-2

Champ médian minimum des systèmes DVB-T2 pour le canal 40 de télévision

	E _{min} , dB[μV/m]		
	50%	70%	95%
Pourcentage d'emplacements	50%	70%	95%
QPSK (avec un rendement de codage de 4/5)	32,3	35,2	41,4
MAQ-16 (avec un rendement de codage de 4/5)	38,4	41,3	47,5
MAQ-64 (avec un rendement de codage de 4/5)	44,0	46,9	53,0
MAQ-256 (avec un rendement de codage de 4/5)	49,4	52,3	58,4

Les Figures A5-7 et A5-8 représentent les trajets possibles (avec des couleurs différentes) pour les mesures. On effectue la modélisation selon la méthode de prévision pour les trajets point à point décrite dans la Recommandation UIT-R P.1812. On a en outre effectué des calculs additionnels en utilisant la méthode décrite dans la Recommandation UIT-R P1546. La simulation a été réalisée compte tenu des obstacles naturels sur le trajet et des zones boisées.

FIGURE A5-7

Trajets possibles pour les communications entre localités dans le district de Moscou

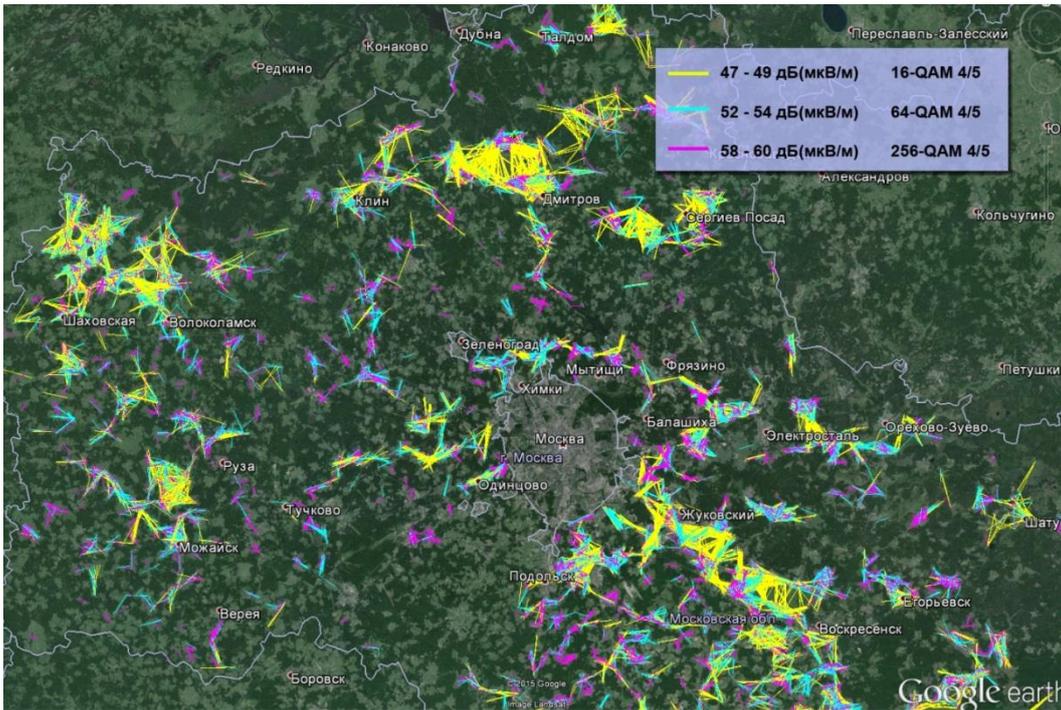
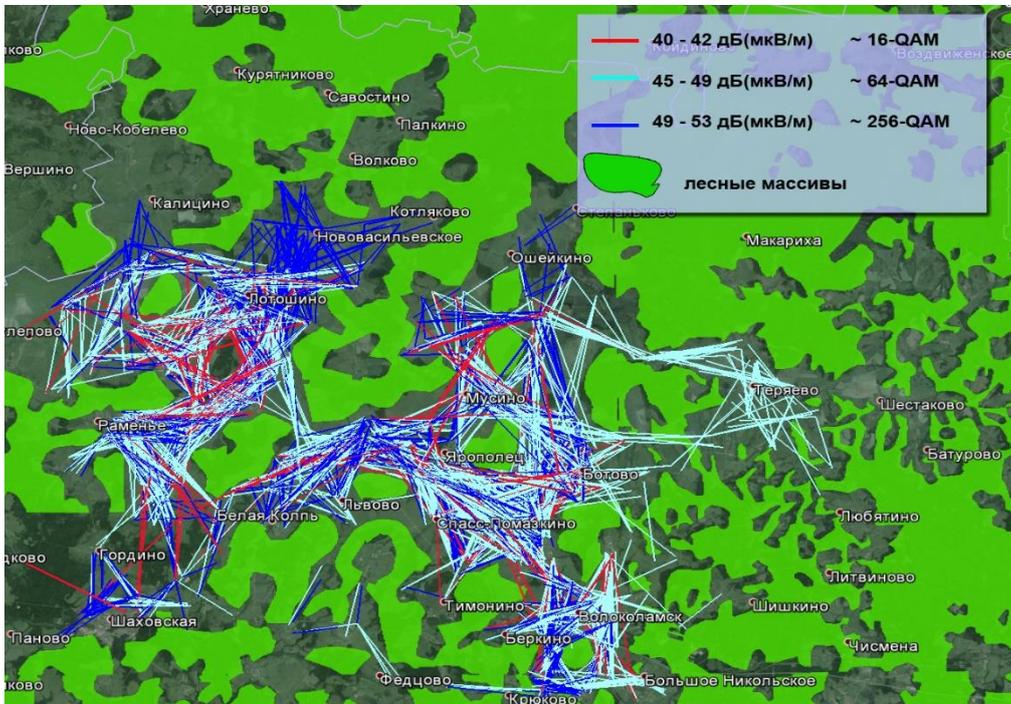


FIGURE A5-8

Trajets possibles pour les essais sur le terrain dans le district de Moscou



On a mené des essais sur le terrain, qui ont montré que pour la plupart des emplacements pour lesquels un calcul a été effectué, les niveaux de signal étaient suffisants avec une antenne d'émission/réception de petite taille (10 mètres). Selon les mesures, le débit maximal de transmission de données réalisable est de 48,27 Mbit/s (ce qui correspond à une modulation MAQ-256 avec un rendement de codage de 4/5) pour une largeur de bande de canal de 8 MHz, avec une distance entre ces localités de 8,6 km le long du trajet semi-fermé. Le débit minimal de transmission de données est de 18,07 Mbit/s (ce qui correspond à une modulation MAQ-16 avec un débit de codage de 3/5), obtenu pour une liaison de radiocommunication entre localités espacées de 11,1 km, le long du trajet semi-fermé.

Les mesures montrent que l'un des facteurs influant le plus sur la réception concernant la réception est le pourcentage du trajet de propagation sans visibilité directe à cause d'obstacles. Pour tous les trajets dont plus de 50% se faisait en visibilité directe, essentielle à la propagation, la réception du signal était garantie. Pour les autres trajets où la partie sans visibilité représentait plus de 50% de la distance entre le site d'émission et le site de réception, la réception n'était pas possible dans la plupart des cas. Par conséquent, les caractéristiques des systèmes de radiocommunication cognitifs comme la distance et le débit de transmission de données réalisable pouvaient varier en fonction du type d'obstacles.

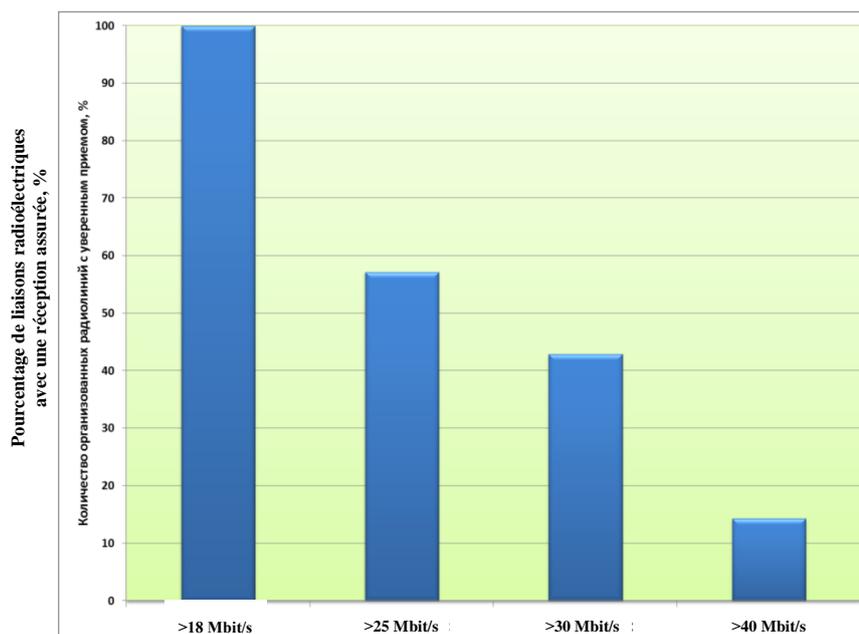
La Figure A5-9 montre, sous la forme d'un graphique, la distribution des débits de transmission de données maximum réalisables dans une largeur de bande de canal de 8 MHz. Les colonnes du graphique correspondent à quatre intervalles de débit de transfert de données:

- 1) plus de 18 Mbit/s;
- 2) plus de 25 Mbit/s;
- 3) plus de 30 Mbit/s;
- 4) plus de 40 Mbit/s.

Le graphique rend compte de l'analyse de tous les trajets possibles entre les localités pour l'exemple du district de Moscou compte tenu du profil du trajet (types d'obstacles).

FIGURE A5-9

**Nombre de liaisons radioélectriques/débits de transfert
de données maximum réalisables**



Le pourcentage de liaisons radioélectriques avec un débit de données garanti supérieur à 40 Mbit/s est de près de 14%, tandis que des débits supérieurs à 25-30 Mbit/s moyenne sont disponibles dans 50% des cas. Ce débit moyen est obtenu sur des distances allant de 8 à 12 km.

On trouvera dans le Tableau A5-3 les paramètres techniques que pourraient avoir les stations terminales WSD.

TABLEAU A5-3
Paramètres techniques des dispositifs WSD

Paramètre	Valeur minimum	Valeur maximum
Puissance de l'émetteur, W	0,1	25
Gain d'antenne, dBd	5	14
Hauteur d'antenne, m	10	30
Pertes dues à la ligne d'alimentation, dB	1	5
p.a.r., dBW	8-	27

Ainsi, les résultats des études menées par la Fédération de Russie permettent de formuler les conclusions suivantes:

- 1) La bande attribuée à la radiodiffusion télévisuelle comprend des fréquences non utilisées, dont le nombre dépend pour beaucoup de l'emplacement et des caractéristiques des systèmes de radiocommunication cognitifs.
- 2) Les fréquences non occupées dans la bande attribuée à la radiodiffusion peuvent être utilisées par des systèmes point à point avec accès dynamique fondé sur une base de données de géolocalisation, avec des débits pouvant aller jusqu'à 40 Mbit/s sur des distances allant jusqu'à 10-12 km pour les trajets en visibilité directe entre localités pour des conditions moyennes et jusqu'à 18 km pour des trajets en visibilité directe si l'on veut garantir une réception sans brouillages pour la radiodiffusion télévisuelle. Toutefois, il convient de prendre des mesures spéciales pour exclure les cas de brouillages non intentionnels causés à la radiodiffusion télévisuelle, en particulier, lors des premières activités de planification du réseau.

Annexe 6

Travaux de recherche sur l'accès dynamique au spectre pour les systèmes de radiocommunication cognitifs en Chine

Etant donné que la technique d'accès dynamique au spectre (CDSA) pourrait être utilisée par les systèmes de radiocommunication cognitifs (CRS) pour remédier à l'insuffisance des ressources spectrales et à leur utilisation inefficace, la Chine mène actuellement des travaux de recherche concernant la gestion du spectre en vue de la mise en oeuvre de techniques DSA et déploie des réseaux composés de systèmes DSA à titre expérimental dans la bande 223-235 MHz, en vue d'améliorer les technologies correspondantes et la gestion du spectre.

Attribution de fréquences dans la bande 223-235 MHz

En Chine, les fréquences de la bande 223-235 MHz ont été attribuées aux applications industrielles, par exemple pour la transmission de données dans le secteur de l'énergie et dans le secteur minier. Différentes ressources spectrales ont été attribuées de manière statique à des secteurs industriels dans l'ensemble du pays. Les applications industrielles utilisent actuellement des émetteurs-récepteurs de données essentiellement pour transmettre des données et le déploiement de ces émetteurs-récepteurs doit être approuvé et enregistré par l'agence de régulation de l'utilisation des fréquences.

Utilisation inefficace dans la bande 223-235 MHz due à l'attribution statique des fréquences

L'attribution statique des fréquences est à l'origine d'une utilisation inefficace du spectre dans la bande 223-235 MHz.

- 1) En raison des caractéristiques des applications industrielles, les données correspondantes ne doivent être transmises que de manière ponctuelle. Très souvent, les fréquences attribuées à certains secteurs industriels sont temporairement non utilisées. Parce que qu'elles sont attribuées de manière statique, ces fréquences non utilisées ne peuvent pas être utilisées par d'autres secteurs.
- 2) Dans la configuration actuelle, quelle que soit la région, les fréquences attribuées à un secteur industriel ne peuvent donc pas être utilisées par d'autres secteurs. Or, certains secteurs ne sont parfois même pas présents dans une région. Par conséquent, il n'y a pas du tout de transmission de données dans les bandes attribuées pour les applications industrielles correspondantes, mais ces fréquences non occupées ne peuvent pourtant pas être utilisées par d'autres secteurs puisqu'elles sont attribuées de manière statique.

Le Tableau A6-1 montre l'utilisation de la bande 223-235 MHz attribuée à certains secteurs industriels dans différentes provinces. La présence d'une couleur dans la cellule signifie que le spectre attribué au secteur est utilisé dans cette province ou ville, tandis qu'une cellule blanche indique que le spectre n'est pas utilisé. Le Tableau montre que les ressources spectrales attribuées à certains secteurs industriels ne sont pas utilisées dans certaines régions.

TABLEAU A6-1

Utilisation de la bande 223-235 MHz attribuées à certains secteurs industriels dans des provinces

Provinces	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Secteur 6	Secteur 7
Jiangsu							
Shanghai							
Fujian							
Tianjin							
Xinjiang							
Zhejiang							
Anhui							
Henan							
Guangdong							
Jiangxi							
Shaanxi							
Ningxia							
Hebei							
Neimenggu							
Beijing							
Yunnan							
Sichuan							
Hainan							
Gansu							
Guizhou							
Hunan							
Chongqing							
Guangxi							
Hubei							
Shanxi							

	Secteur 1-ry1		Secteur 6-6
	Secteur 2-ry2		Secteur 7-7
	Secteur 3-ry3		Non utilisé

Augmentation des besoins de spectre due à l'évolution de l'industrie

Avec l'évolution de l'industrie, par exemple avec l'apparition de réseaux électriques intelligents et de gisements pétroliers intelligents, les caractéristiques des applications industrielles ont elles aussi évoluées et davantage de ressources spectrales sont requises pour transmettre les données. Or, les ressources dans la bande 223-235 MHz ne suffisent pas pour répondre aux besoins croissants de spectre des applications industrielles.

Application de l'accès DSA par les systèmes CRS dans la bande 223-235 MHz

Il devient très important de trouver une solution pour améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre dans la bande 223-235 MHz. La mise en oeuvre de systèmes DSA dans cette bande est à l'étude, tandis que les techniques de radiocommunication cognitive pourraient permettre de détecter les fréquences temporairement non utilisées/non occupées que pourraient se partager des secteurs industriels. On pourrait ainsi à la fois améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre dans la bande 223-235 MHz et répondre aux besoins de spectre des secteurs industriels.

Difficultés liées à la gestion du spectre

La mise en oeuvre de l'accès dynamique au spectre par les systèmes CRS dans la bande 223-235 MHz pose de nouvelles difficultés en ce qui concerne la gestion du spectre:

1) Garantir la transmission fiable et en temps réel d'informations cognitives

Le système DSA devrait être capable de déterminer correctement les fréquences temporairement non utilisées/non occupées grâce à la transmission fiable et en temps réel d'informations cognitives. En ce qui concerne les systèmes de radiocommunication, les informations de commande, par exemple la configuration du canal de communication, doivent être transmises correctement.

Dans le cas où un système DSA transmet des données sur des fréquences utilisées en partage, il convient de trouver une solution pour garantir la transmission fiable et en temps réel des informations cognitives ou des informations de commande.

2) Garantir la qualité de service

Les exigences de qualité de service associées aux données varient en fonction des services avec par exemple des exigences strictes en matière de temps de latence pour certaines données de service importantes. La mise en oeuvre de systèmes DSA suppose de trouver une solution pour garantir la qualité de service pour les données de service importantes.

Les systèmes non DSA existants transmettent les informations de commande et les données de service sur des fréquences attribuées de manière statique. Or, la mise en oeuvre de systèmes DSA permet de détecter de manière dynamique les fréquences attribuées aux systèmes existants, qui peuvent alors être utilisés par un système DSA, le système existant risquant alors de subir des brouillages. En conséquence, la transmission des informations de commande et des données de service concernant le système existant sera interrompue et la qualité de service ne pourra être garantie.

Etant donné que plus d'un système est exploité dans la bande de fréquences, un système DSA pourrait fonctionner dans la fréquence adjacente à celle utilisée par d'autres systèmes utilisant ou non l'accès DSA. Par conséquent, il convient d'assurer la compatibilité entre les systèmes fonctionnant dans la même bande de fréquences afin d'éviter les brouillages et de garantir la qualité de service des différents systèmes.

3) Garantir un partage équitable du spectre entre les systèmes

Etant donné que de multiples systèmes DSA peuvent fonctionner en même temps, il convient de concevoir un mécanisme permettant de garantir pour les systèmes un accès équitable aux ressources utilisées en partage en termes de temps d'utilisation et de quantité.

Travaux de recherche en cours sur la gestion du spectre

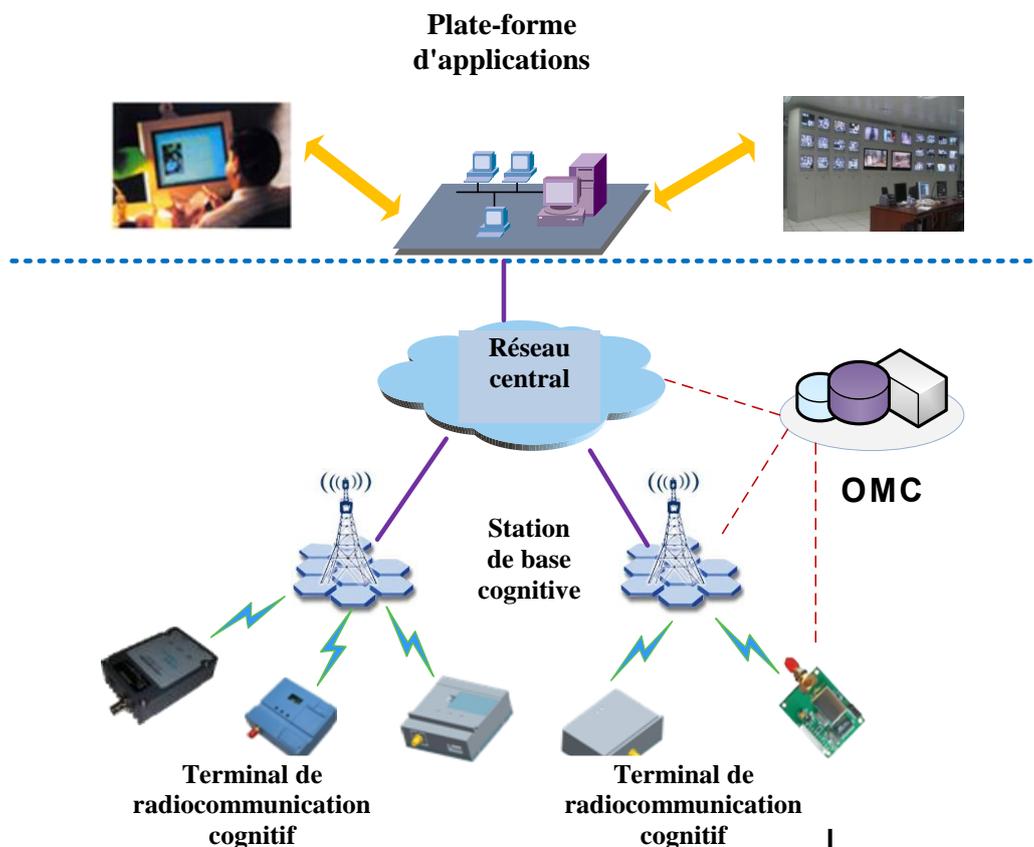
Des travaux de recherche sur la gestion du spectre et les techniques d'ingénieries du spectre sont en cours en vue de résoudre les problèmes susmentionnés. Ils portent principalement sur les domaines suivants:

- Planification du spectre pour la mise en oeuvre des systèmes DSA
Afin de garantir la transmission fiable et en temps réel des informations cognitives ou des informations de commande des systèmes, il convient d'attribuer à ces systèmes des ressources spectrales adaptées et de définir les critères de protection pour ces ressources.
- Définition de règles d'utilisation des ressources par les systèmes DSA
Afin de garantir le respect des exigences de qualité de service associées aux données de service et de permettre aux systèmes DSA d'utiliser les fréquences en partage de manière équitable, il convient de définir des règles en la matière, par exemple en fixant un temps maximum d'utilisation autorisée et une quantité de ressources spectrales pouvant être utilisée à un moment donné par chaque système DSA.
- Normalisation des caractéristiques opérationnelles et techniques des dispositifs DSAD
Il convient de normaliser certaines caractéristiques opérationnelles et techniques des dispositifs DSAD afin d'assurer la compatibilité entre les systèmes fonctionnant dans la bande, par exemple les exigences radioélectriques, la probabilité de détection et le délai d'attente.

Essais concernant l'accès DSA dans le secteur de l'énergie

Un système CRS à accès DSA a été déployé à titre expérimental dans la bande 223-235 MHz. Son architecture fait l'objet de la Fig. A6-1. Ce système est composé d'un réseau d'accès hertzien, d'un réseau central (CN), d'un centre d'exploitation et de maintenance (OMC) et d'une plate-forme d'applications. Le réseau d'accès hertzien comprend des stations de base cognitives et des terminaux de radiocommunication cognitifs, qui sont utilisés pour détecter les fréquences temporairement non utilisées. La plate-forme d'applications assure la fonction de production de statistiques et d'analyse des données d'application.

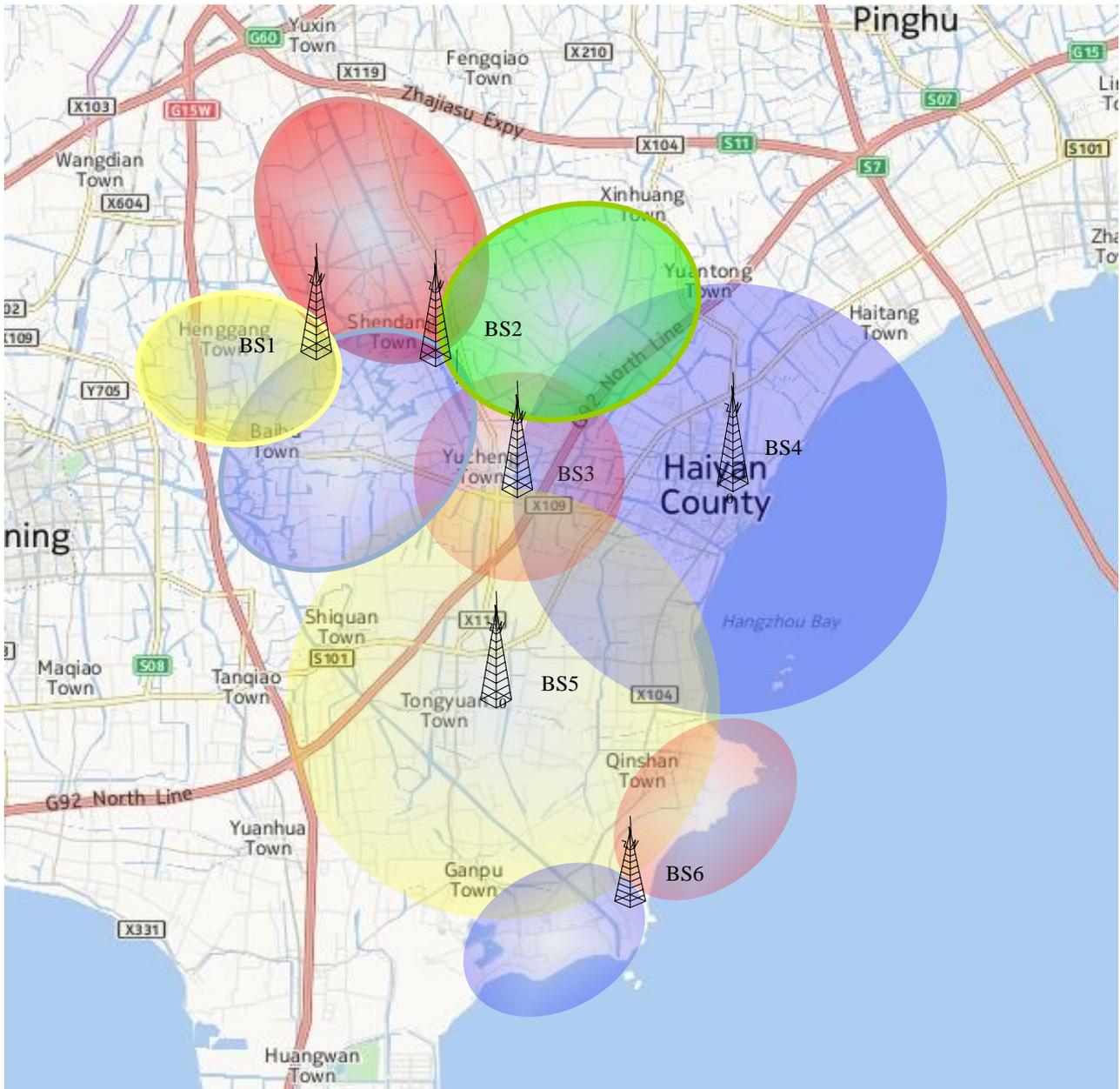
FIGURE A6-1
Architecture du système DSA déployé à titre expérimental



La construction et le développement d'un réseau électrique intelligent en Chine entraînent une augmentation des ressources spectrales nécessaires pour les applications, comme l'automatisation de la distribution d'électricité et la collecte d'informations sur la consommation. Or, les fréquences attribuées pour le secteur de l'électricité dans la bande 223-235 MHz ne suffisent pas pour répondre aux besoins. En conséquence, un système CRS à accès DSA a été déployé à titre expérimental dans la région de Zhejiang pour le secteur de l'électricité et permet, grâce à des techniques de radiocommunication cognitives, de détecter les fréquences non utilisées et de répondre ainsi aux besoins des applications du réseau électrique intelligent. La Figure A6-2 montre le réseau déployé à titre expérimental à Haiyan, dans la province de Zhejiang.

FIGURE A6-2

Déploiement expérimental d'un réseau à Haiyan



Le réseau expérimental permet de vérifier la qualité de fonctionnement du système DSA. Selon les résultats des tests, il est possible de détecter les fréquences temporairement non utilisées et de les utiliser pour les applications du secteur de l'électricité grâce à une technique de radiocommunication cognitive. En associant cette technique au multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) et à la technique de modulation et codage adaptatifs (AMC), il est possible d'améliorer considérablement l'efficacité d'utilisation du spectre dans la bande 223-235 MHz, qui passe de 0,768 b/s/Hz à de 2,44 b/s/Hz. Dans l'avenir, cet essai sera étendu au partage du spectre entre de multiples systèmes d'accès dynamique au spectre pour différents secteurs industriels.

Annexe 7

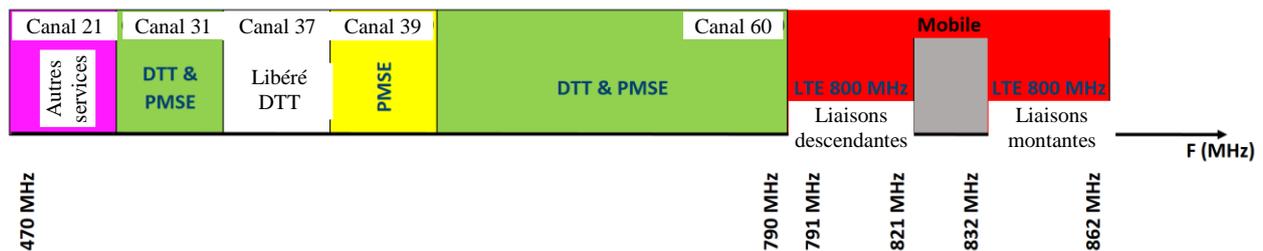
Expérience d'ATDI concernant les calculs TVWS

1 Introduction

Les espaces blancs de télévision (TVWS) sont des fréquences libres au-dessous de 1 GHz pouvant être utilisées sans licence dans certains pays, à des emplacements où le spectre n'est pas utilisé par des services assujettis à des licences, principalement par le service de radiodiffusion vidéo. La bande 470-790 MHz est actuellement utilisée en Europe pour la télévision numérique de Terre et pour la réalisation de programmes et événements spéciaux (PMSE).

Les paragraphes ci-après présentent des méthodes de simulation de la coexistence de dispositifs utilisant les espaces blancs (WSD) et de la télévision numérique de Terre (DTT). Ils indiquent en outre comment utiliser les calculs et les analyses réalisées avec la plate-forme ATDI pour construire, utiliser et partager une base de données des dispositifs WSD.

FIGURE A7-1
Organisation de la bande d'ondes décimétriques utilisée pour la télévision (470-790 MHz) et utilisateurs en Europe



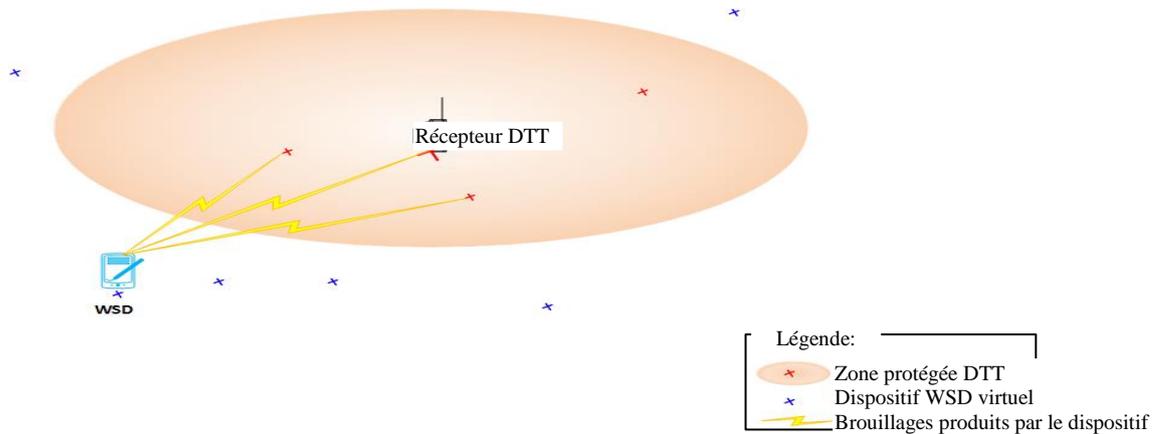
Il est possible d'utiliser la méthode décrite ci-après pour trouver des canaux disponibles dans une bande de fréquences quelconque utilisée par un service de radiocommunication quelconque en modifiant les paramètres de calcul, qui sont définis par l'utilisateur ou extraits des tables normalisées; les mêmes fonctionnalités peuvent être utilisées.

2 Méthode d'élaboration d'une base de données WSD nationale

ATDI suggère de procéder comme suit pour élaborer la base de données WSD nationale:

FIGURE A7-2

Méthode d'élaboration d'une base de données WSD nationale



- a) Calcul de la couverture de tous les réseaux DTT. On privilégie un modèle de propagation déterministe pour établir les cartes des espaces blancs de télévision et effectuer les calculs de brouillage. Ce modèle est également utilisé pour vérifier la compatibilité entre la télévision numérique de Terre et les dispositifs WSD.
- b) La compatibilité est vérifiée sur tous les points de réception à l'intérieur de la zone couverte par les réseaux DTT. Si un dispositif WSD fonctionnant à sa puissance minimum cause des brouillages à un récepteur DTT, alors l'emplacement de ce dispositif est refusé.
- c) Les émetteurs DTT devraient également être pris en considération. Il faut impérativement définir une méthode de protection des récepteurs étrangers (assignments et allotissements) reposant sur des valeurs seuils et/ou le calcul de la couverture.
- d) On définit les propriétés des systèmes PMSE et autres, la zone couverte, les canaux désignés, etc.
- e) On définit les possibles canaux réservés pour la télévision numérique de Terre (pour de possibles multiplexes futurs).
- f) La couverture est vérifiée et un filtre est appliqué dans les zones peuplées à l'aide d'une base de données sur la répartition de la population.
- g) On élabore une carte des espaces TVWS disponibles sur la base des brouillages causés par les dispositifs WSD aux récepteurs DTT, afin de définir des zones d'exclusion. Les calculs sont réalisés pour une fréquence delta pouvant aller jusqu'à $n+/-3$ canaux (conformément au Tableau 3 de la norme ETSI EN 301 598 V1.0.0) et dans le domaine des émissions hors bande, pour chaque classe de dispositifs WSD, pour chaque canal DTT, et pour différentes hauteurs d'antenne de dispositif WSD. Il est possible d'appliquer une marge de bruit pour tenir compte du cas où de multiples dispositifs WSD émettent depuis le même point.
- h) Des cartes des fréquences sont mises à disposition gratuitement pour consultation en ligne (indiquant le nombre de canaux disponibles à chaque point) avec les informations suivantes: coordonnées de chaque point, canaux disponibles et puissance maximum associée autorisée.

- i) Dès lors que de nouveaux dispositifs WSD sont ajoutés, on vérifie à nouveau les niveaux de brouillage en faisant la somme des puissances des brouillages causés par les nouveaux dispositifs WSD et en l'ajoutant aux brouillages causés par la télévision numérique de Terre.
- j) Les règles d'autorisation des dispositifs WSD doivent également être clairement définies: contraintes par service, mise à disposition, priorité, etc.
- k) On définit les protocoles WSD autorisées (espaces blancs ouverts) pour le démarrage du routeur distant et la surveillance (qualité de service, trafic).

3 Calculs TVWS: aperçu de la méthode

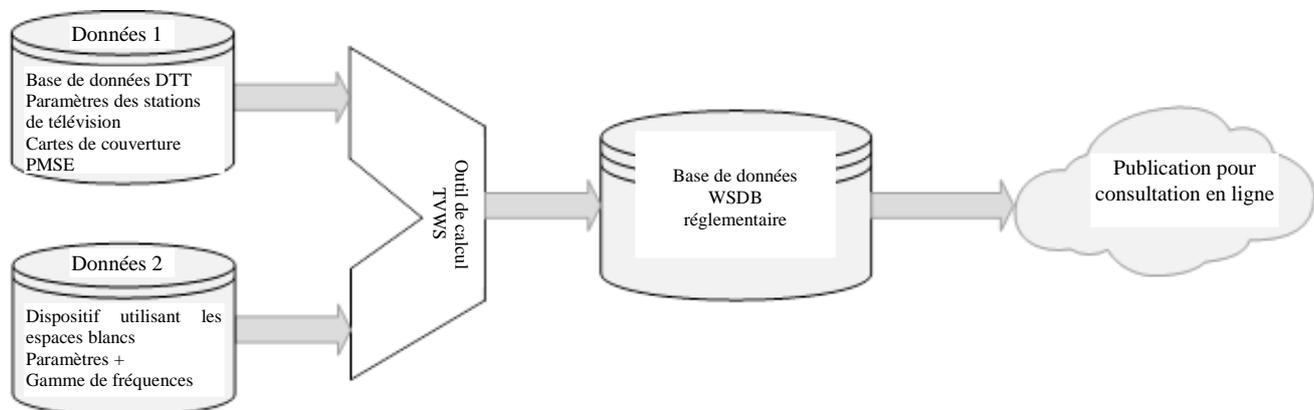
L'objectif principal est de désigner des fréquences WSD situées dans les «trous» de couverture des canaux de télévision. La méthode consiste à identifier des zones de disponibilité pour chaque canal de télévision.

On utilise la méthode présentée dans la Figure ci-dessous pour valider ou refuser l'autorisation. La plate-forme contient trois unités essentielles:

- un outil de calcul TVWS;
- un outil de gestion de la base de données;
- un outil de publication ou un site web dédié.

FIGURE A7-3

Aperçu de la plate-forme de gestion de dispositifs WSD



4 Mise en oeuvre des calculs TVWS

4.1 Outil de calcul TVWS

Un outil de planification radioélectrique utilise la base de données des stations DTT existantes pour calculer et estimer les canaux disponibles à chaque point d'une zone donnée, afin de protéger ces zones (assignations et allotissements) contre tous les brouillages, sur la base de valeurs seuils et/ou du calcul de la couverture.

Une fois ce calcul effectué, les données nécessaires sont envoyées afin d'alimenter et de mettre à jour la base de données des dispositifs WSD fonctionnant sans licence (WSDB) en vue des prochaines demandes WSD.

Les données utilisées pour effectuer ce calcul sont les paramètres du dispositif WSD, la gamme de fréquences qu'il utilise et son identificateur.

4.1.1 Données d'entrée

Les données d'entrée comprennent tous les paramètres nécessaires pour effectuer les calculs et déterminer les espaces blancs de télévision. Ces données sont les suivantes:

- Paramètres de transmission des systèmes DTT et PMSE, emplacement des sites, couverture déjà calculée, etc.
- Demande pour obtenir un ou plusieurs canaux WSD avec les paramètres de transmission connus (puissance, plage dynamique, bande de fréquences, etc.).

4.1.1.1 Base de données des stations DTT et système PMSE

Cette base de données contient toutes les stations DTT et tous les systèmes PMSE auxquels des fréquences ont déjà été attribuées dans une zone donnée et au niveau national. Ainsi, les caractéristiques (puissance rayonnée, cartes de la couverture, emplacement, fréquences, rapports de protection, etc.) de chaque émetteur connu sont disponibles.

4.1.1.2 Base de données des dispositifs WSD

La base de données des dispositifs WSD (WSDB) contient les informations suivantes:

- Coordonnées (longitude, latitude ou X,Y) et taille de l'antenne ou altitude du dispositif WSD pilote.
- Puissance.
- Caractéristiques d'antenne: gain et polarisation.
- Classe d'équipement.
- Bande de fréquences dans laquelle le dispositif WSD peut fonctionner.

On utilise ces informations pour configurer l'outil de calcul pour établir la couverture des espaces blancs en fonction de l'environnement cartographique et des obstacles, du modèle de propagation et de la taille de l'antenne.

4.1.2 Méthode de calcul proposée

Les calculs, approuvés par l'autorité de régulation, permettent d'établir les éléments suivants:

- Carte des espaces blancs de télévision disponibles.
- Zone à protéger pour chaque canal DTT.
- Assignation d'un ou de plusieurs canaux un dispositif WSD.

Ces calculs sont effectués pour chaque canal DTT. Ils permettent en outre de connaître la puissance maximum autorisée pour chaque canal et dépendent de la classe d'équipement.

4.2 Outil de gestion de la base de données WSDB

Les résultats donnés par l'outil de calcul sont stockés dans la base de données WSDB, qui contient des cartes des canaux protégés, les canaux TVWS disponibles et la puissance maximum autorisée pour chaque canal. La base de données contient également les dispositifs WSD déjà autorisés.

L'autorité de régulation définira les modalités d'accès à cette base de données et d'attribution des canaux disponibles. La gestion de la base de données en ligne grâce à un outil particulier ou un site dédié permettra l'utilisation en partage des canaux disponibles selon les critères définis par le régulateur.

4.3 Accès en ligne

Une fois alimentée, la base de données WSDB peut être partagée en ligne, afin que les utilisateurs/opérateurs de dispositifs WSD puissent échanger des renseignements sur les canaux TVWS disponibles dans une zone donnée et présenter une demande formelle d'utilisation d'un canal WSD donné en connaissant les éléments suivants:

- conditions d'attribution, conditions d'utilisation et priorité associées aux canaux WSD en fonction du type et de la classe;
- liste des canaux disponibles et puissance maximum autorisée;
- liste des canaux déjà utilisés (de manière permanente ou temporaire, par exemple pour certains services PMSE).

Il est en outre possible de prendre contact avec l'administrateur de la base de données pour valider des canaux sélectionnés avant de les utiliser. Cette plate-forme web permet aux opérateurs de regrouper toutes les demandes de canal faites avec le formulaire d'inscription en ligne des dispositifs WSD et de les transmettre à intervalles réguliers à l'autorité de régulation.

5 Autorité de régulation

Dans le contexte de la gestion des dispositifs WSD, l'autorité de régulation définit les paramètres à prendre en considération dans l'outil de calcul. Il est possible de recommander un certain nombre de règles afin d'améliorer l'efficacité et l'exactitude des calculs. Ces paramètres assurent la compatibilité entre la télévision numérique de Terre et les dispositifs WSD.

Les paramètres à prendre en considération sont les suivants:

- Un modèle de propagation de référence.
- Seuil de couverture et calcul de la distance maximale.
- Rapports de protection pour le canal DTT.

L'autorité de régulation gère la base de données (carte des espaces blancs de télévision disponibles dans une zone donnée, voir la Fig. A7-5) de manière directe ou indirecte grâce à un «opérateur supérieur». L'administrateur de la base de données WSDB définit en outre les conditions d'attribution des canaux TVWS. Pour ce faire, le régulateur pourra établir un tableau d'attribution des fréquences également accessible aux utilisateurs en ligne. La gestion de ce tableau pourrait être confiée à l'opérateur.

FIGURE A7-4

Exemple de tableau d'attribution des fréquences

		Rapport de protection C/I			
		PR1	PR2	PR3	PR4
Priorité	N1	C11	C12	C13	C14
	N2	C21	C22	C23	C24
	N3	C31	C32	C33	C34
	N4	C41	C42	C43	C44

Pour chaque canal TVWS disponible, un niveau de priorité (N) et un rapport de protection C/I sont donnés. Par exemple, un service de faible priorité pourra obtenir une fréquence uniquement si plus de deux canaux sont disponibles en ce point. Voir la Fig. A7-5 qui montre l'exemple de calcul des espaces blancs de télévision disponibles dans une zone donnée.

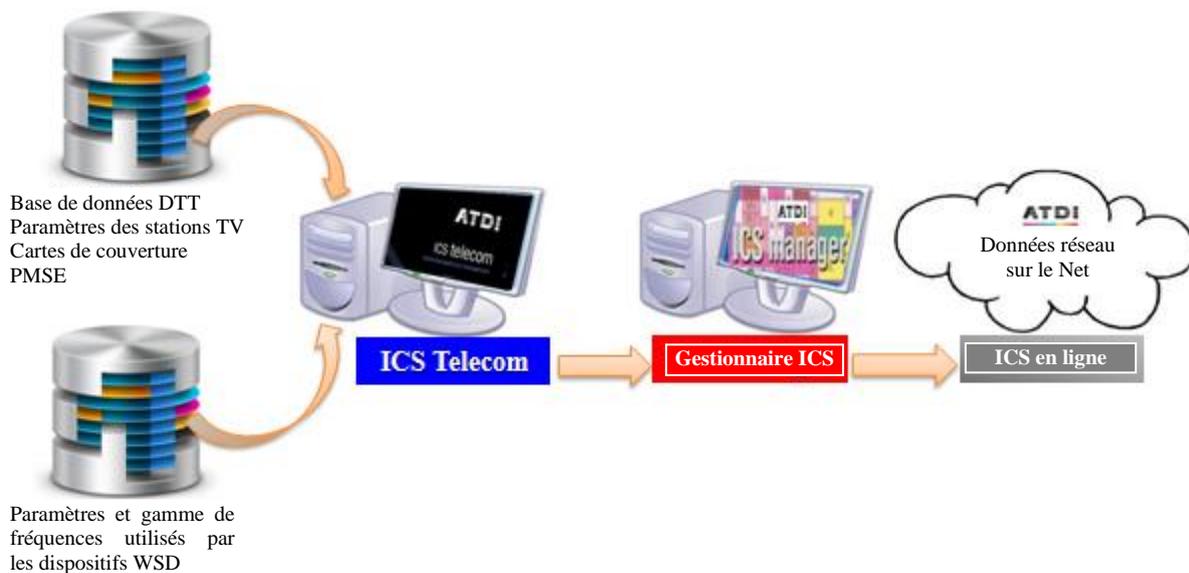
6 Plate-forme de calcul TVWS de l'ATDI

6.1 Présentation générale

On trouvera ci-après une description de l'architecture de la plate-forme ATDI de gestion des espaces blancs de télévision, reposant sur la méthode présentée ci-dessus.

FIGURE A7-5

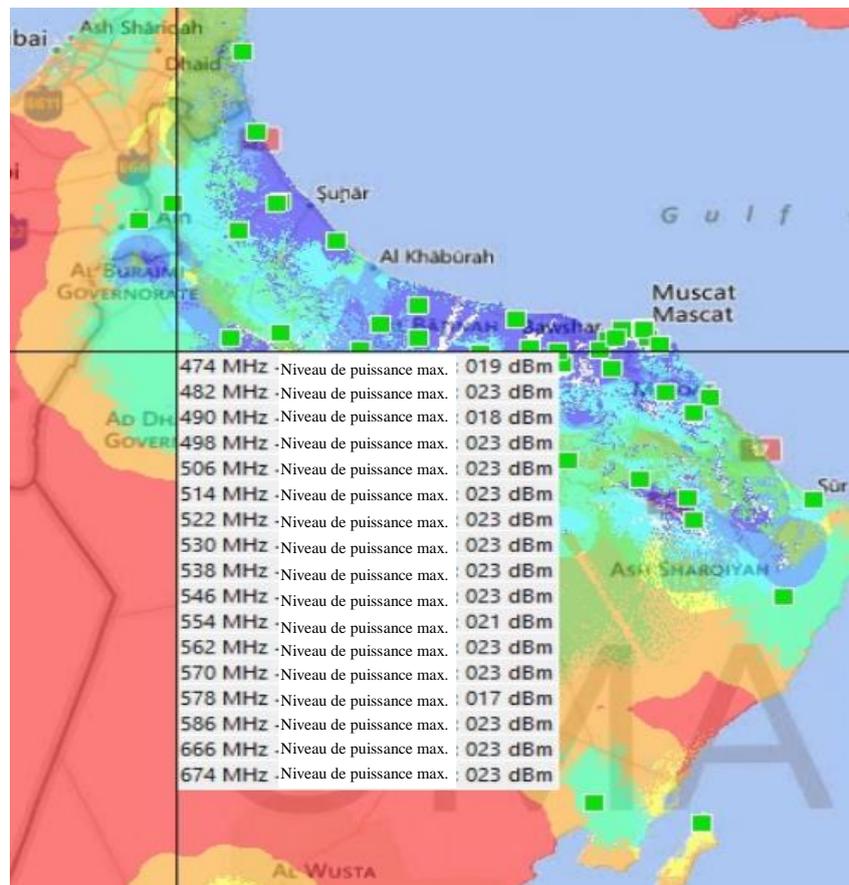
Calculs TVWS et gestion des espaces blancs de télévision avec les outils ATDI



Elaboré par ATDI, ICS Telecom est un outil de planification radioélectrique utilisé par de nombreux régulateurs et opérateurs partout dans le monde. Cette plate-forme de calcul comprend des outils dédiés de calcul TVWS. Par exemple, pour une carte couvrant une superficie de 100 000 km² avec une résolution de 100 m, le temps de calcul s'élève à 15 minutes par canal avec un PC type de 2017.

FIGURE A7-6

Canaux disponibles et puissance maximum correspondante



Le gestionnaire ICS, qui est la base de données du système de gestion ATDI, s'adresse aux régulateurs et aux responsables de la gestion du spectre. Cet outil permet d'attribuer et d'administrer des canaux en définissant des règles. Le gestionnaire ICS dispose d'un service en ligne qui permet de partager des informations avec les utilisateurs TVWS. Toutes ces fonctions peuvent être utilisées pour tous les types de technologies.

6.2 Résumé

La méthode proposée par l'ATDI permet:

- de déterminer avec précision les canaux TVWS disponibles, mais pas uniquement. La même méthode peut être appliquée à un service quelconque dans une bande quelconque afin de prouver les canaux disponibles;
- d'attribuer des canaux compte tenu des règles applicables aux zones protégées;
- d'analyser les incidences du déploiement d'un nouveau dispositif WSD sur les autres services dans une région donnée.

Pour en savoir plus sur les outils mis au point par ATDI pour calculer et gérer les espaces blancs de télévision, vous pouvez consulter notre site web:

<http://www.atdi.com/white-space-device-calculation-and-database/>.

Annexe 8

Etudes de cas au Botswana

1 Introduction

Dans de nombreux pays en développement, les centres de santé ne disposent pas d'un accès adéquat au large bande. Pour remédier à ce problème au Botswana, le Ministère de la santé et l'Autorité de régulation des communications du Botswana (BOCRA) ont lancé, en partenariat avec le Pôle d'innovation du Botswana (BIH), l'Université du Botswana, l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID), l'Université de Pennsylvanie, Microsoft et Global Broadband Solution (GBS), un projet pilote visant à fournir un service de soins de santé en ligne dans des régions du Botswana ne disposant pas d'un accès au large bande et de services de santé spécialisés adaptés. Pour l'accès large bande, on fait appel à la technologie d'accès dynamique au spectre (DSA) sur des fréquences non utilisées dans les canaux attribués à la télévision, appelées couramment les espaces blancs de télévision (TVWS).

Cette contribution qui met en avant un exemple d'accès partagé au spectre dans l'intérêt du secteur de la santé, vise à aider le Groupe mixte sur la Résolution 9 à «établir une compilation des études de cas et de recueillir de bonnes pratiques concernant les utilisations nationales de l'accès partagé au spectre, y compris l'accès DSA, et à étudier les avantages économiques et sociaux qu'offre le partage efficace des ressources spectrales».

En ce qui concerne la disponibilité des espaces blancs de télévision au Botswana, de nombreuses fréquences dans la bande d'ondes décimétriques ne sont pas utilisées et/ou assignées et peuvent donc être utilisées en partage pour fournir un accès large bande, offrant ainsi une possibilité importante d'utiliser plus efficacement ces ressources spectrales en vue d'améliorer de nombreux aspects de la vie au Botswana, notamment la fourniture de soins de santé.

2 Objectifs et bénéficiaires

Le projet d'utilisation des espaces blancs de télévision mené au Botswana vise à mettre en oeuvre un programme de la télémédecine en utilisant les espaces blancs de télévision pour fournir un accès large bande peu coûteux sur de longues distances. Grâce à ce programme, le personnel médical pourra assurer des consultations dans des zones isolées, l'objectif étant avant tout d'accroître le nombre et la couverture des services de santé dans le pays. Le deuxième objectif est de préparer sur le terrain l'élargissement de l'accès Internet à faible coût pour renforcer l'utilisation des énergies renouvelables, améliorer l'éducation, les soins de santé et l'accès aux marchés et permettre aux petites entreprises de se développer dans tout le pays.

Ce projet s'adresse aux hôpitaux, aux centres de santé et aux patients ayant besoin des services suivants:

- dépistage du cancer de col de l'utérus;
- dépistage de maladies dermatologiques;

- dépistage du VIH et consultations associées;
- dépistage de la tuberculose et consultations associées;
- soins pour adultes et soins pédiatriques;
- consultations de médecine interne.

Les bénéficiaires proposeront des dépistages et des consultations ou y auront accès grâce à des applications de vidéoconférence haute définition utilisant des caméras haute résolution à 8 mégapixels installées dans les locaux des centres de santé et des hôpitaux situés en zone isolée. Le dépistage exige un système d'imagerie haute définition permettant de diagnostiquer et de traiter correctement les pathologies les plus courantes, comme la tuberculose. Les images et vidéos associées sont acheminées sur des connexions large bande TVWS depuis les trois sites isolés et les alentours (dans un périmètre couvert par le signal TVWS) et sont ensuite transférées vers une connexion Internet de raccordement qui transmet directement le flux vidéo aux professionnels de santé de la plate-forme de Gaborone ou aux partenaires de l'Université de Pennsylvanie, pour qu'ils établissent un diagnostic et préconisent un traitement.

3 Implantation géographique

Le réseau est composé d'une plate-forme centrale, de trois hôpitaux régionaux et de centres de santé situés dans des zones environnantes et dans lesquels les ressources de santé et d'un accès large bande insuffisants. Les trois hôpitaux régionaux servent de stations de base TVWS, qui permettent de desservir sept autres centres de santé des environs, soit un total de 10 sites couverts par la Phase 1 du projet.

- Plate-forme – Gaborone: Un centre système situé à proximité de l'Université du Botswana et de l'hôpital Princess Marina à Gaborone sert de plate-forme réseau. Grâce à cet emplacement central, le réseau est raccordé à une connexion Internet filaire de grande qualité qui permet d'avoir une image nette des patients à distance et consulter des spécialistes universitaires grâce à des applications et des dispositifs de télé-médecine.
- Site 1 – Lobaste: Au sud-est de Gaborone, le site de Lobaste est doté d'un réseau TVWS qui fournit un service large bande aux centres de santé des environs et, potentiellement, à d'autres sites dans l'avenir. Des services de dépistage du cancer du col de l'utérus et de maladies dermatologiques y seront disponibles.
- Site 2 – Francistown: A proximité de la frontière nord-est avec le Zimbabwe, le site de Francistown permet lui aussi d'accéder au réseau TVWS et offre pour le moment (phase 1 du projet) un service de dépistage du cancer du col de l'utérus. Lors de la phase 2, il proposera en outre des services de dépistage de la tuberculose et du VIH, ainsi que des soins pour adultes et des soins pédiatriques.
- Site 3 – Maun: Situé dans la région rurale du nord-ouest du Botswana, ce site sera opérationnel pour la phase 2 du projet et proposera des services de dépistage du cancer du col de l'utérus, de la tuberculose et du VIH, des consultations pour adultes et des consultations pédiatriques, ainsi que des soins de médecine interne.

4 Architecture technique

La connectivité entre la plate-forme de Gaborone et les trois principaux sites, où sont installées les stations de base TVWS desservant les dispositifs TVWS des différents sites et alentours, est assurée grâce à une connexion Internet de raccordement fournie par Botswana Fibre Networks (BoFiNet – fournisseurs d'infrastructure de télécommunication nationale et internationale en gros). La phase initiale de déploiement visera dans un premier temps à faire en sorte que les centres de

santé disposent de dispositifs TVWS pour se connecter. Par la suite, l'objectif devrait être de desservir d'autres entités, comme les bâtiments publics et les petites entreprises.

FIGURE A8-1
Schéma technique

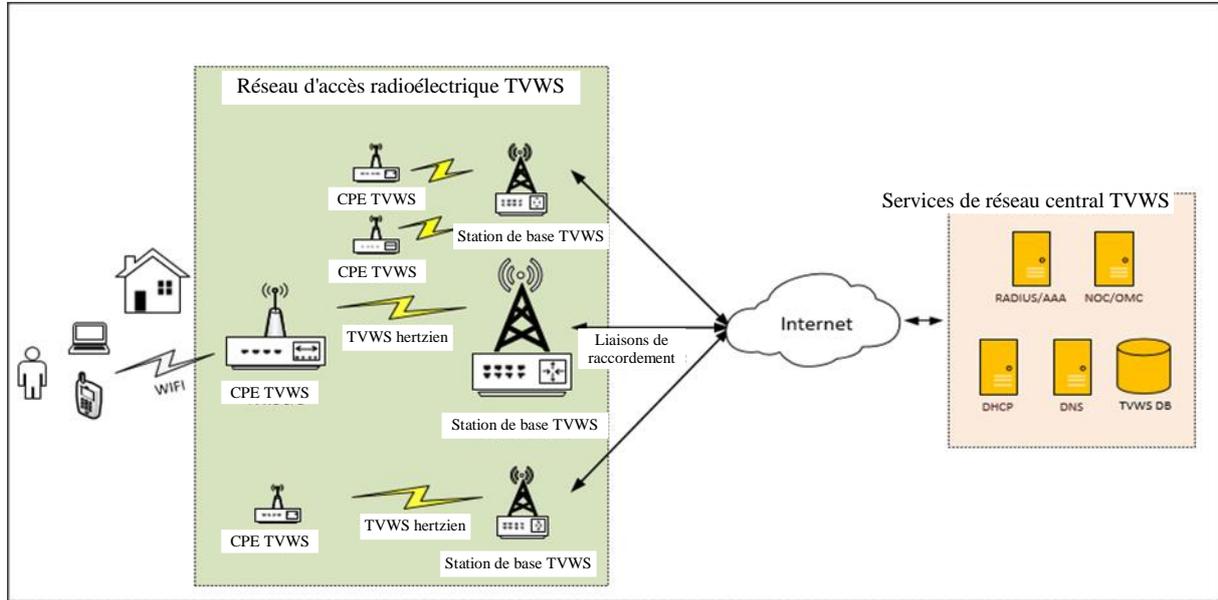


TABLEAU A8-1

Spécifications radioélectriques des espaces blancs de télévision

Spécifications radioélectriques	Espaces blancs
Support hertzien:	OFDMA TDD
Normes de réseau:	802.22 modifiée et améliorée
Débits PHY pris en charge:	12 modes de 1,5 Mbit/s à 20 Mbit/s
Débit de données (liaison montante + liaison descendante cumulée dans Couche 2 pour 6 MHz)	1 Mbit/s – 16 Mbit/s
Largeur de canal:	5,5 MHz (Amériques), 7,6 MHz (Europe et Afrique)
Canaux d'exploitation:	Canaux 14-51 UHF aux Etats-Unis (470-698 MHz), canaux 21-68 UHF au Royaume-Uni (470-854 MHz)
Paramétrage de la puissance d'émission disponible:	20 dBm (100 mW) par conduction
Commande de la puissance:	Programmable
Bandes de fonctionnement:	400-1 000 MHz UHF FCC
Sensibilité du récepteur:	-98 dBm 3,5 dB 2,7 Mbit/s (QPSK 1/2) -90 dBm 11,5 dB 7,1 Mbit/s (MAQ-16 2/3) -81 dBm 20,5 dB 12 Mbit/s (MAQ-64 3/4)
Modulations	OFDM: QPSK, MAQ-16, MAQ-64
Antennes	Client en forme de noeud papillon PCB uniquement, intégrée Polarisation verticale, ~0 dBi Panneau UHF DB2E client ou base 2 éléments à polarisation verticale, 6-9 dBi Base log-périodique uniquement Polarisation verticale, 10 dBi

Espaces blancs de télévision utilisés dans le cadre du projet

- Jusqu'à six canaux en ondes décimétriques de 8 MHz dans la bande 470-790 MHz.
- 3 canaux en ondes décimétriques dans la gamme 470-598 MHz.
- 3 canaux en ondes décimétriques disponibles dans la gamme 638-790 MHz.

TABLEAU A8-2

Plan des canaux

Plage de canaux UHF	Gamme de fréquences	Nombre total de canaux	Canaux utilisés	Noms des canaux disponibles
Canaux 21-36	470-598 MHz	16	3	X1, X2, X3
Canaux 42-60	638-790 MHz	19	3	Y1, Y2, Y3

TABLEAU A8-3

Plan des canaux et de la capacité

Nom et emplacement de la station de base	Sites supplémentaires	Nombre de secteurs (antennes/zones)	Nombre d'utilisateurs simultanés (1,2 Mbit/s par utilisateur)	Débit minimum par utilisateur (Mbit/s)*	Débit TCP moyen par canal (Mbit/s)	Capacité totale (Mbit/s)	Nombre minimum de radios de station de base (BS)	Nombre de radios BS par secteur			Attribution des canaux par radio BS					
								A	B	C	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Hôpital Athlone, LOBASTE	Centre de santé de Tsopeng	3	50	1,2 à 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Hôpital mémorial Letsholathebe II, MAUN	Centre de santé de Moeti Centre de santé de Boseja Centre de santé de Maun Centre de santé de Sedie Centre de santé de Maun	3	50	1,2 à 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Hôpital Nyangabwe/ FRANCISTOWN	Centre de santé de Donga	3	50	1,2 à 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3

* Le débit minimum varie en fonction des conditions radioélectriques (distance avec le site, nombre d'utilisateurs simultanés). Estimé à 3 Mbit/s sans visibilité directe pour une distance allant jusqu'à 10 km.

5 Financement

Le projet pilote est financé grâce à un modèle de partenariat entre BIH, Microsoft, USAID, l'Université de Pennsylvanie et GBS. Chaque partie apporte des contributions en nature d'une valeur variable:

- BIH s'est engagé à financer les coûts d'appui réseau (435 949 USD).
- Microsoft s'est engagé à financer des dépenses de projets, y compris le développement d'applications logicielles, le programme de télémédecine, un lot de téléphones Nokia distribués au personnel et aux centres de santé locaux et des ordinateurs fonctionnant sous Windows 8.1 (473 765 USD).
- USAID s'est engagé à financer des équipements de réseaux larges bande utilisant les espaces blancs de télévision (205 240 USD).
- L'Université de Pennsylvanie s'est engagée à assurer une coordination avec son personnel médical au Botswana pour assurer des consultations médicales dans le cadre du programme de télémédecine cofinancé par le partenariat pilote.
- GBS s'est engagé à concevoir, construire et exploiter le réseau (TVWS) afin de fournir un accès large bande aux hôpitaux et centres de santé agréés par le Ministère de la santé du Botswana.
- L'objectif général est d'arriver à assurer la pérennité financière du réseau TVWS et du programme de fourniture de soins de santé associé en adoptant par la suite un modèle économique rentable qui ne nécessitera pas de financement extérieur ou de contributions en nature.

6 Aspects réglementaires

L'Autorité de régulation des communications du Botswana (BOCRA) a autorisé le BIH, en partenariat avec Microsoft, l'université de Pennsylvanie et Global Broadband Solutions, à mettre en place un système large bande hertzien expérimental utilisant les espaces blancs de télévision selon les conditions suivantes:

- La technologie est autorisée à titre secondaire. Par conséquent, dès lors des brouillages sont causés à un service primaire (radiodiffusion), le système TVWS devra cesser d'émettre immédiatement.
- Période d'essai de 36 mois (3 ans).
- Les fréquences utilisées doivent être dans la bande 470-694 MHz.
- Tous les équipements utilisés devraient être homologués par la BOCRA.
- Selon l'autorisation accordée, le réseau expérimental peut être déployé dans tout le pays en vue de desservir des hôpitaux, des centres de santé et des dispensaires.
- Un rapport sur l'état d'avancement du projet devrait être présenté tous les six mois à la BOCRA.
- Les tarifs facturés aux clients intéressés devraient être approuvés par la BOCRA.
- Au cas où la BOCRA élaborerait et adopterait un cadre applicable à l'utilisation des espaces blancs de télévision en général pendant l'essai, le BIH serait dans l'obligation de se conformer à ce cadre.
- L'autorité pourra, au besoin, modifier les conditions (y compris en ajouter de nouvelles) en concertation avec les partenaires.

7 Conclusion

Les applications large bande constituent désormais un moyen important pour améliorer la qualité de vie des communautés mal desservies dans les pays en développement. Au Botswana, la fourniture d'un accès large bande sur des fréquences utilisées en partage dans les espaces blancs de télévision aide à répondre aux besoins de soins de santé des habitants du pays. Le programme de télémédecine devrait avoir des retombées économiques et sociales et le projet comprend un volet de suivi et d'évaluation visant à mettre en évidence les répercussions socio-économiques pour les communautés concernées.

Afin de concrétiser ces projets pilotes et de tendre vers des déploiements économiquement viables, la BOCRA s'efforce d'identifier et de mettre en oeuvre des solutions pour encourager encore plus ces solutions innovantes, en modifiant la réglementation pour offrir un cadre solide d'utilisation des fréquences en partage. La mise en place d'un cadre réglementaire contribuera à encourager les acteurs commerciaux à envisager de déployer de nouveaux réseaux pour faciliter non seulement la fourniture de soins de santé à distance, mais aussi nombre d'autres applications large bande utiles partout au Botswana.

Annexe 9

Etudes de cas aux Philippines

1 Introduction

Le présent projet cible au moins vingt écoles primaires et secondaires publiques à Talibon, Ubay et Tubigon (soit dans un rayon de 10 km) ainsi que les petites unités administratives («*barangays*») adjacentes situées sur le littoral de l'île de Bohol. Il est destiné à répondre aux besoins de connectivité en large bande du projet Ecofish (Amélioration des écosystèmes pour une pêche durable), dont l'objectif est d'assurer la pérennité du secteur de la pêche par une gestion efficace.

Le Bureau des technologies de l'information et de la communication (ICTO) prévoit de déployer des stations de base sur ses pylônes de radiocommunication actuels et sur ceux du Bureau des télécommunications (TELOF), ainsi que des équipements locaux d'abonné (CPE) dans les écoles primaires et secondaires publiques, dans le cadre de projets pilotes non commerciaux fondés sur les technologies TVWS. Dans les communes de Talibon, Tubigon et Ubay, dans la province de Bohol, la connectivité en large bande est assurée soit par l'ICTO ou le TELOF, soit par le secteur privé. Toutefois, la majeure partie des «*barangays*» et des écoles, et plus particulièrement celles qui sont situées dans les zones isolées ou d'autres îles proches ne sont pas encore raccordées à l'Internet en raison de l'insuffisance des infrastructures sur le dernier kilomètre. Le déploiement d'un accès hertzien en large bande par le biais de technologies TVWS devrait permettre de combler ces lacunes de connectivité sur le dernier kilomètre dans les zones concernées.

2 Stratégies

Le projet vise à étendre la couverture de la connectivité en large bande pour raccorder des «*barangays*» et des écoles qui avaient été laissées de côté jusqu'à présent, en s'appuyant sur les commutateurs locaux de l'ICTO ou du TELOF à Talibon, Tubigon et Ubay. Le but est de connecter les écoles primaires et secondaires de ces communes dans un rayon de 10 km ainsi que les

«*barangays*» adjacents, et de répondre aux besoins de connectivité du projet Ecofish en mettant en place un réseau WiFi public gratuit. Outre la connectivité en large bande destinée à différents services publics comme des écoles, des hôpitaux et des cybercentres locaux, ce projet, qui s'inscrit dans le plan général de développement de l'ICTO, a aussi les objectifs suivants: 1) fournir les données nécessaires pour élaborer et mettre au point les politiques et les règlements destinés à officialiser l'adoption des technologies TVWS conformément aux priorités nationales; 2) aider les partenaires spécialisés dans les technologies TVWS à adapter leurs produits et services aux besoins propres à l'environnement philippin; et 3) aider les prestataires de services de bases de données et de connectivité fondés sur le TVWS à acquérir les données et l'expérience nécessaires pour mettre au point leurs services avant le déploiement de ceux-ci à l'échelle nationale.

La mise en oeuvre du projet d'exploitation des espaces blancs de la télévision devrait être achevée en un à deux ans. L'ICTO a choisi de déployer ces technologies à Bohol en raison du fait que cette province avait été touchée par un séisme et que ses communications avaient été entièrement coupées, isolant ses habitants du reste du monde. Les interventions et les mesures de remise en état des organismes publics et privés avaient été ralenties par ce manque de communication. Les technologies TVWS ont été déployées autour des centres commerciaux, des bâtiments municipaux et des centres publics pour offrir un accès WiFi gratuit afin que chacun puisse contacter sa famille par le biais d'applications de communication tels que Viber, Line, Skype, etc. Ces technologies ont aussi été installées à Tacloban, qui avait été durement touchée par le typhon Haiyan (Yolanda). L'ICTO a déployé ces technologies dans la région en question pour élargir la portée des microstations du bureau régional du Ministère des sciences et de la technologie, afin d'atteindre le Lycée scientifique de Pisay, ainsi que l'île de Leyte et les centres d'évacuation de l'organisme humanitaire espagnol «Los Bomberos». Par ailleurs, le TVWS a permis d'étendre la portée du signal Internet des «pylônes intelligents» de Tanauan, dans l'île de Leyte, pour atteindre les bâtiments municipaux et le cybercentre local afin de permettre à la population de communiquer par courriel et de dialoguer en ligne avec leur famille dans le pays ou à l'étranger. L'ICTO a aussi installé un service de cybersanté dans le centre public en s'appuyant sur des dispositifs de suivi de la santé des patients («*RX Box*») dont les données sont transmises par TVWS.

Le projet pilote de TVWS lancé à Bohol couvre les zones suivantes: la station de base exploitant le TVWS qui est située à Talibon assure une connectivité dans un rayon de 10 km et permet de raccorder cinq écoles primaires et secondaires publiques; elle offre aussi une connexion WiFi gratuite aux membres du projet Ecofish, mené par le Bureau de la pêche et des ressources aquatiques du Ministère de l'agriculture des Philippines (DA-BFAR) et l'ONG USAID, ainsi qu'aux établissements sanitaires ruraux voisins, aux bâtiments publics des «*barangays*» et au public. La station de base TVWS située à Tubigon raccorde une école primaire à l'Internet, offre un accès WiFi gratuit dans un centre commercial, sur un marché et dans une église, et assure la connectivité d'un hôpital local et de différents organismes publics voisins. Enfin, la station de base TVWS située à Ubay devrait permettre de raccorder 12 écoles primaires publiques et un cybercentre local, et offrir elle aussi une connectivité aux participants du projet Ecofish, aux établissements sanitaires ruraux et aux bâtiments publics des «*barangays*» adjacents, ainsi qu'un accès WiFi gratuit au public.

MISE EN OEUVRE DU PROJET SUR LES ESPACES BLANCS DE LA TÉLÉVISION À BOHOL	
Station de base de Tubigon:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Installation de deux (2) pylônes d'une capacité cumulée de 24 Mbit/s (~12 Mbit/s par canal). 2) Installation de trois (3) équipements locaux d'abonné dans les bâtiments suivants: <ul style="list-style-type: none"> • Hôpital local de Tubigon, pour assurer aussi la connectivité de différents organismes publics du Centre administratif de Tubigon (ces organismes sont les suivants: police nationale (PNP), Ministère de la sécurité sociale et du développement (DSWD), Ministère des sciences et de la technologie (DOST), Cour suprême (MCTC) et Autorité de l'enseignement technique et du développement des compétences (TESDA), ainsi que les établissements sanitaires ruraux de Tubigon); • Gymnase polyvalent de Tubigon, avec un accès WiFi public qui couvre le marché, le centre commercial et l'église de Tubigon; • Ecole primaire centrale de Tubigon, avec un point d'accès WiFi.
Station de base d'Ubay:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Installation de quatre (4) pylônes d'une capacité cumulée de 48 Mbit/s (~12 Mbit/s par canal). 2) Installation de treize (13) équipements locaux d'abonné dans les écoles primaires publiques et les cybercentres locaux suivants: <ul style="list-style-type: none"> • Poblacion • Casate • Tapon • Achila • Camambugan • Bood • Katarungan • Carlos P. Garcia (cybercentre C.P. Garcia) • Tipolo • Kalanggaman • San Isidro • Tapal • Sentinela • Emelda
Station de base de Talibon:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Installation de trois (3) pylônes d'une capacité cumulée de 36 Mbit/s (~12 Mbit/s par canal). 2) Installation de cinq (5) équipements locaux d'abonné sur les sites suivants: <ul style="list-style-type: none"> • Lycée national de San Jose • Ecole primaire de San Pedro à Talibon • Ecole primaire de Sto. Nino à Talibon • Ecole primaire de Ginubatan à Trinidad • Bâtiment du «Barangay» Pinamgo à Buen Unido

En matière de partenariats et de financement, l'ICTO a établi, dans le cadre d'un protocole d'accord, un partenariat avec les organismes publics, fournisseurs de technologies et parties prenantes suivants: la Commission nationale des télécommunications (NTC), le Ministère de l'éducation (DepEd), Microsoft, Nityo InfoTech, la Fédération des télévisions internationales par câble et Association des Philippines pour les télécommunications (FICTAP), ABS-CBN, Ecofish, le Bureau de la pêche et des ressources aquatiques et USAID.

S'agissant des applications et des services proposés à ce titre, le gouvernement a lancé un réseau exploitant les espaces blancs de la télévision pour offrir un service de communication immédiate au sol destiné aux personnes assurant des interventions d'urgence et aux victimes du typhon Haiyan. Ce réseau a été mis en place dans les heures qui ont suivi la catastrophe et a immédiatement assuré un service de communication hertzienne bidirectionnelle transmettant la voix et des données par le biais de téléphones mobiles, d'ordinateurs portables, de tablettes, etc. Il a coûté moins du dixième du prix des autres solutions possibles. Ce projet TVWS offre à des communautés de pêcheurs une connexion en large bande qui permet aux pouvoirs publics locaux d'accéder directement à un système d'enregistrement national pour communiquer instantanément des documents d'identification, des certificats et des autorisations essentiels aux pêcheurs concernés. Il permet aussi à la police nationale et à d'autres organismes publics d'accéder immédiatement à une base de données centrale pour effectuer des contrôles de conformité.

Le projet TVWS était destiné à offrir aux populations rurales une connectivité en large bande dans les buts suivants: 1) mettre les TIC à la disposition de l'enseignement public, notamment pour exploiter des ressources multimédia, avoir accès aux meilleurs enseignants et pouvoir consulter et diffuser des informations; 2) déployer un service de cybersanté dans les établissements sanitaires ruraux pour faciliter les soins de santé primaires, offrir un accès à des spécialistes et assurer des fonctions de gestion dans le cadre d'un projet d'accès universel aux soins de santé; 3) favoriser la coordination de la gouvernance entre les centres administratifs locaux (LGU) et l'administration nationale (NGA) et offrir un accès aux services d'administration publique en ligne pour que les services publics s'engagent davantage dans leur mission; 4) recueillir des données intéressantes les services d'intervention d'urgence et d'atténuation des effets des catastrophes par le biais d'un réseau de capteurs et de transmission d'informations (alertes précoces); 5) favoriser les activités de commerce électronique (marketing, vente, distribution, service client, etc.) et faire progresser la productivité en améliorant l'accès aux savoir-faire. On trouvera ci-après les spécifications techniques du système TVWS.

Spécifications techniques du système TVWS	
Spécifications du système	
Bandes de fréquences	630-750 MHz
PLdB max. @ 1.5Mbps	+31 dBm
Largeur de bande du canal	20/10/5 MHz
Sensibilité du récepteur	-99 dBm
Débits de données	1,5 à 13,5 Mbit/s
Modulation	QPSK & MAQ-16
Portée	Jusqu'à 10,7 km
Interface Rf	MMCX
Interface arrière	32 bit miniPCI
Puissance nominale	1,6A @ 3,3V DC
Facteur de forme	3,3"x 2,3"x 0,5"
Températures de fonctionnement	-33 à +55 C
Humidité tolérée	Jusqu'à 95% sans condensation

Sur le plan des installations et du déploiement, des équipements locaux d'abonné ont été installés en coordination avec les responsables des écoles pour raccorder celles-ci à des stations de base assurant l'accès à l'Internet. En l'absence de réglementation particulière, cet accès est plutôt destiné à un usage public ou gouvernemental; il est notamment essentiel aux écoles publiques, car les

étudiants ont réellement besoin de l'Internet pour se tenir informés. Le problème de l'accès des écoles à l'Internet est lié au manque d'infrastructures prenant en charge le dernier kilomètre. Les technologies TVWS ont permis d'ouvrir un accès à l'Internet aux écoles et parfois même à certaines «*barangays*». En effet, le recours à la fibre optique n'était pas rentable en raison de la topologie du pays. La communication radioélectrique, en revanche, était possible sur une distance d'environ 7 à 10 km grâce au TVWS et à d'autres technologies de transmission en visibilité directe, voire par des liaisons point à multipoint sous l'océan (voir les Figs A9-1 à A9-4 figurant en pièce jointe à l'Annexe 9).

3 Difficultés

La mise en oeuvre du projet s'est heurtée à un certain nombre de difficultés, et notamment, dans un premier temps, à la résistance des enseignants qui n'étaient pas conscients des avantages de l'Internet. Au demeurant, les habitants de la région et les membres de la communauté eux-mêmes, en particulier les personnes âgées, n'étaient pas non plus convaincus pour les mêmes raisons. En revanche, le centre commercial local en a considérablement profité car il est devenu le point de regroupement de tous les utilisateurs de l'Internet, et il constitue désormais un pôle social pour la communauté.

4 Résultats

Les avantages de ce projet sont les suivants: d'une part, les écoles disposent maintenant d'un accès gratuit à l'Internet, et d'autre part les pêcheurs ont pu s'enregistrer dans un système qui leur permet de coordonner leurs activités par Viber, Skype ou d'autres applications de ce type. En outre, les habitants des zones voisines des écoles peuvent eux aussi utiliser l'Internet lorsque les écoles ne se servent pas de la connexion ou après les classes. Les zones adjacentes aux écoles sont ainsi devenues des points de regroupement social, où les personnes souhaitant utiliser l'Internet peuvent se faire aider.

Ce projet a aussi permis de découvrir de bonnes pratiques, comme le fait de partager la connexion Internet des écoles avec la communauté, notamment après les classes, pour que la bande passante ne reste pas inutilisée. Le public peut alors profiter d'un accès WiFi gratuit. Par ailleurs, en cas de catastrophe, une autre bonne pratique consiste à mettre un accès WiFi gratuit à la disposition des victimes qui se trouvent dans les centres d'évacuation et n'ont pas les moyens de payer un appel longue distance, ou lorsque ce service n'est pas disponible. Les travailleurs bénévoles peuvent aussi utiliser gratuitement cette connexion pour communiquer avec leurs proches et pour fournir ou demander de l'aide, que ce soit aux Philippines ou à l'étranger, en se servant de Viber, Skype, etc. Il est essentiel qu'ils puissent donner de leurs nouvelles aux membres de leur famille pour les rassurer.

5 Conclusion

Le projet pilote d'exploitation des espaces blancs de la télévision (TVWS) déployé à Talibon, Tubigon et Ubay, dans l'Ile de Bohol, a surtout été un succès pour le Ministère de l'éducation, qui en était le bénéficiaire direct. Il a permis de fournir un accès WiFi gratuit aux étudiants comme aux enseignants des écoles primaires et secondaires. Les personnes habitant au voisinage des écoles profitent aussi du projet car elles peuvent utiliser gratuitement l'accès à l'Internet après les classes. Un accès WiFi gratuit a également été installé dans les bâtiments municipaux, dans des hôpitaux locaux, dans des établissements sanitaires ruraux, dans un gymnase polyvalent qui accueille aussi un marché, dans un centre commercial et dans une église.

Les technologies TVWS ont aussi été déployées et utilisées à Bohol du fait que cette île a connu un séisme qui a coupé toutes ses communications, isolant ses habitants du reste du monde et ralentissant les secours mis en place par les organismes publics. Ces technologies ont en outre été employées dans la ville de Tacloban, qui a été gravement touchée par le typhon Haiyan, pour mettre immédiatement en service un réseau de communication au sol destiné aux secouristes et aux victimes. Ces dernières ont pu communiquer avec leur famille aux Philippines et à l'étranger, tandis que les secouristes ont pu contacter les bénévoles présents dans les centres d'évacuation.

A Bohol, les villes de Talibon, Tubigon et Ubay sont désormais équipées des technologies TVWS, grâce auxquelles leurs communautés rurales, leurs écoles et leurs «*barangays*» bénéficient de services en large bande qui vont favoriser le développement économique de la région.

Pièce jointe à l'Annexe 9

FIGURE A9-1

Zone couverte par les technologies TVWS à Talibon, Tubigon et Ubay

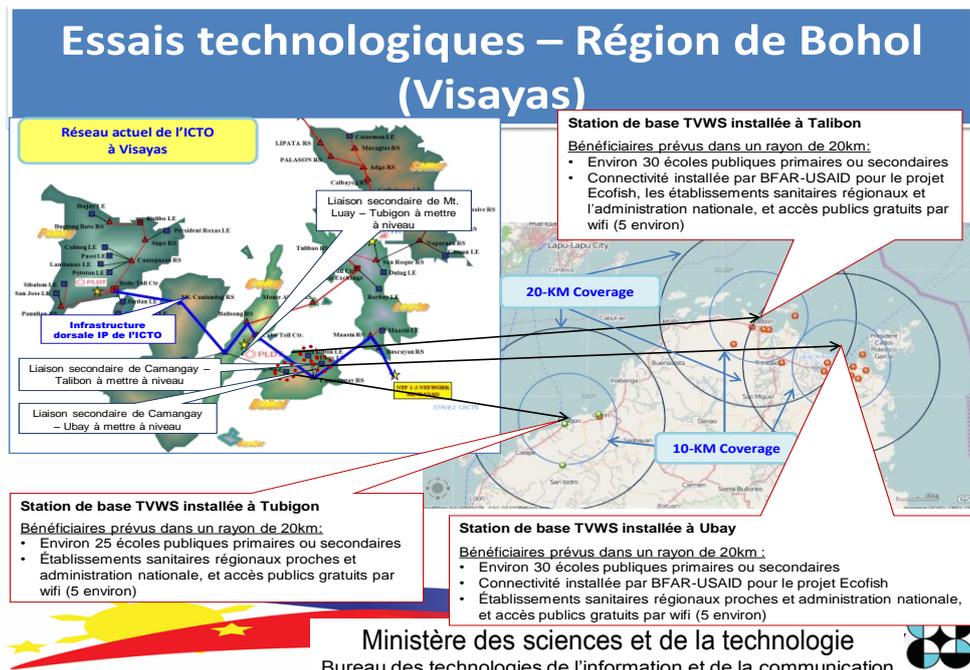


FIGURE A9-2
Couverture du projet TVWS dans la ville de Talibon

Topologie TVWS à Talibon (Région de Bohol, Visayas)



Ministère des sciences et de la technologie
Bureau des technologies de l'information et de la communication



FIGURE A9-3
Couverture du projet TVWS dans la ville de Tubigon

Topologie TVWS à Tubigon (Région de Bohol, Visayas)



Ministère des sciences et de la technologie
Bureau des technologies de l'information et de la communication



FIGURE A9-4
Couverture du projet TVWS dans la ville d'Ubay

Topologie TVWS à Ubay (Région de Bohol, Visayas)



Annexe 10

Études de cas en Corée (République de)

1 Introduction

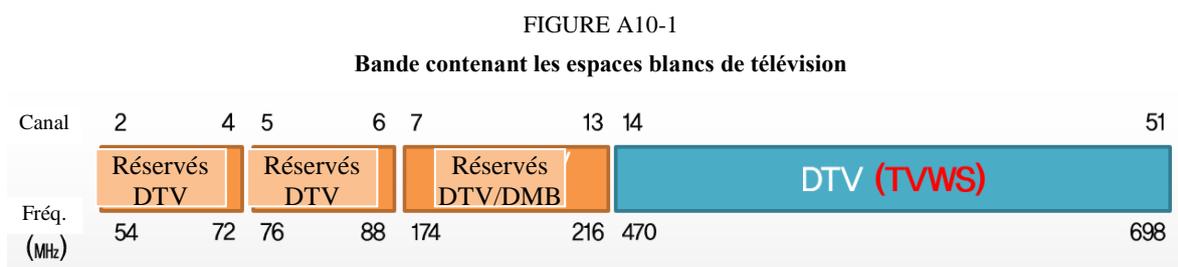
Ces dernières années, la convergence des moyens de radiodiffusion et de communication associée à la multiplication des applications convergentes ont entraîné une évolution du modèle de gestion du spectre. Étant donné que les fréquences sont une ressource précieuse et intangible des pays et que leur valeur a augmenté avec la mise au point de différentes technologies de communication hertzienne, de nombreux pays encouragent désormais activement le développement de nouvelles technologies hertziennes et la mise en œuvre de politiques susceptibles d'accroître l'efficacité d'utilisation du spectre. Toutefois, il est très difficile de continuer à trouver de nouvelles bandes de fréquences pour faire face à l'essor des nouvelles technologies en réorganisant les bandes existantes. En conséquence, les pays du monde entier ont besoin de se concentrer sur le partage du spectre.

La République de Corée a décidé de commencer à utiliser les espaces blancs de télévision situés dans la bande 470-698 MHz attribuée à la radiodiffusion télévisuelle. Afin d'utiliser le plus efficacement possible les ressources spectrales, le pays a mis en place des services commerciaux TVWS dans la bande 470-698 MHz.

2 Mesures réglementaires récentes

En 2010, la Corée a annoncé un plan TVWS visant à mettre en oeuvre des services WiFi en zones rurales et des services d'information dans les musées ou dans les stades.

En 2011, un plan prévoyant l'utilisation des espaces blancs de télévision situés dans la bande de fréquences 470-698 MHz a été annoncé. Les applications TVWS sont notamment les suivantes: 1) Internet hertzien en zones rurales; 2) services d'information dans les musées, dans les stades et dans d'autres zones de superficie réduite; 3) prévention et gestion des catastrophes, par exemple transmission vidéo dans les zones souterraines pour les activités de sauvetage et de sécurité; et 4) fourniture d'informations environnementales sur l'utilisation de l'eau et de l'énergie. La Figure A10-1 montre l'organisation de la bande contenant les espaces blancs de télévision en Corée.



La Corée a par ailleurs élaboré une stratégie de planification de l'information et définit les exigences techniques applicables aux espaces blancs de télévision utilisées sans licence en vue d'élaborer une base de données des espaces blancs de télévision (TVWS), tout en protégeant la bande de fréquences 470-698 MHz, notamment la télévision numérique de Terre et les microphones sans fil assujettis à des licences.

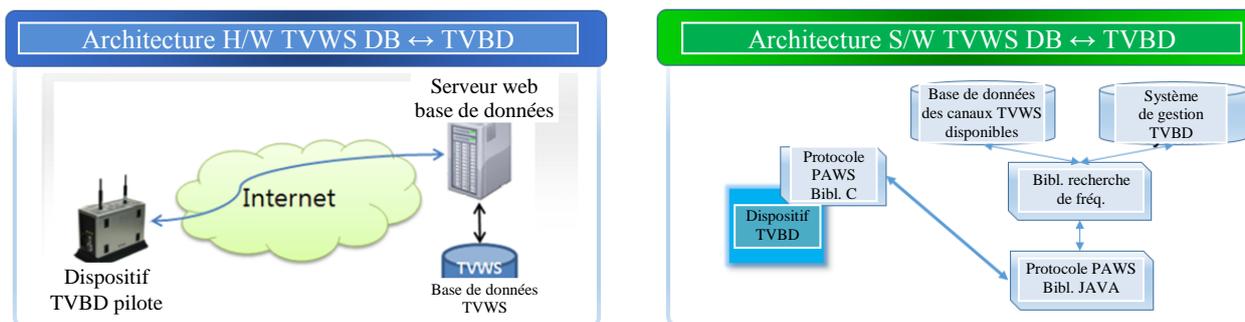
En 2013, la base de données TVWS a été créée afin de fournir aux dispositifs utilisant des espaces blancs de télévision (TVBD) avec récepteur GPS intégré des listes des canaux TVWS disponibles en fonction de l'emplacement. Pour obtenir ces listes, le dispositif TVBD accède à la base de données TVWS, transmet les informations sur son emplacement actuel puis reçoit une liste des canaux disponibles transmise par la base de données pour l'emplacement où il se trouve. La liste des espaces blancs de télévision disponibles en Corée peut être consultée via le système de recherche des canaux TVWS disponibles (<https://www.tvws.kr>).

En 2016, le Gouvernement de la Corée a publié une notice publique autorisant l'utilisation sans licence des espaces blancs de télévision.

En avril 2017, le premier dispositif TVBD conforme à la réglementation a été mis sur le marché et des services commerciaux TVWS ont fait leur apparition en Corée.

FIGURE A10-2

Systèmes avec base de données TVWS



Les distances de séparation pour protéger la réception des services de télévision numérique et les microphones hertziens ont été appliquées à l'algorithme utilisé par la base de données TVWS, qui tient compte du type de dispositif TVBD, de la puissance d'émission et de la taille de l'antenne. La Fig. A10-2 présente les systèmes à base de données TVWS.

Deux types de dispositifs TVBD, à savoir fixes et portables, peuvent être exploités sur les canaux disponibles dans la bande de fréquences 470-698 MHz (canaux 14 à 51 de télévision). Les exigences techniques pour ces dispositifs sont présentées dans le Tableau A10-1.

TABLEAU A10-1

Exigences techniques pour les dispositifs TVBD

Type de dispositif TVBD	Fixe	Portable	
Mode d'exploitation	Dans le même canal/canal adjacent avec une distance de séparation	Dans le même canal/canal adjacent avec une distance de séparation	Dans un canal adjacent sans distance de séparation
Densité spectrale de puissance maximum fournie à l'antenne	1 W/6 MHz 12,2 dBm/100 kHz	100 mW/6 MHz 2,2 dBm/100 kHz	40 mW/6 MHz -1,8 dBm/100 kHz
Gain d'antenne	6 dBi	0 dBi	0 dBi

3 Projets pilotes TVWS

En 2011, la Corée a réalisé une enquête auprès de 200 organisations, parmi lesquelles des collectivités locales, des institutions publiques, des radiodiffuseurs et des opérateurs de télécommunication, afin de connaître les besoins de ces organisations concernant les espaces blancs de télévision et leur avis sur la faisabilité des applications TVWS. Les applications TVWS qui revenaient le plus souvent dans les réponses étaient les suivantes: WiFi (46%), fourniture d'informations en cas de catastrophe ou de situations d'urgence (22%), fourniture d'informations sur le trafic et la sécurité (13%) et réseaux électriques intelligents (5%).

La même année, des services TVWS ont été mis en place à titre expérimental, en vue de définir les modèles de service les mieux adaptés pour l'île de Jeju et le centre du pays. En conséquence, un réseau WiFi a été mis en place à Jeju et un système de transmission vidéo souterrain en cas de catastrophe ou d'urgence a été déployé dans la région de Namyangju, utilisant tous deux les espaces blancs de télévision.

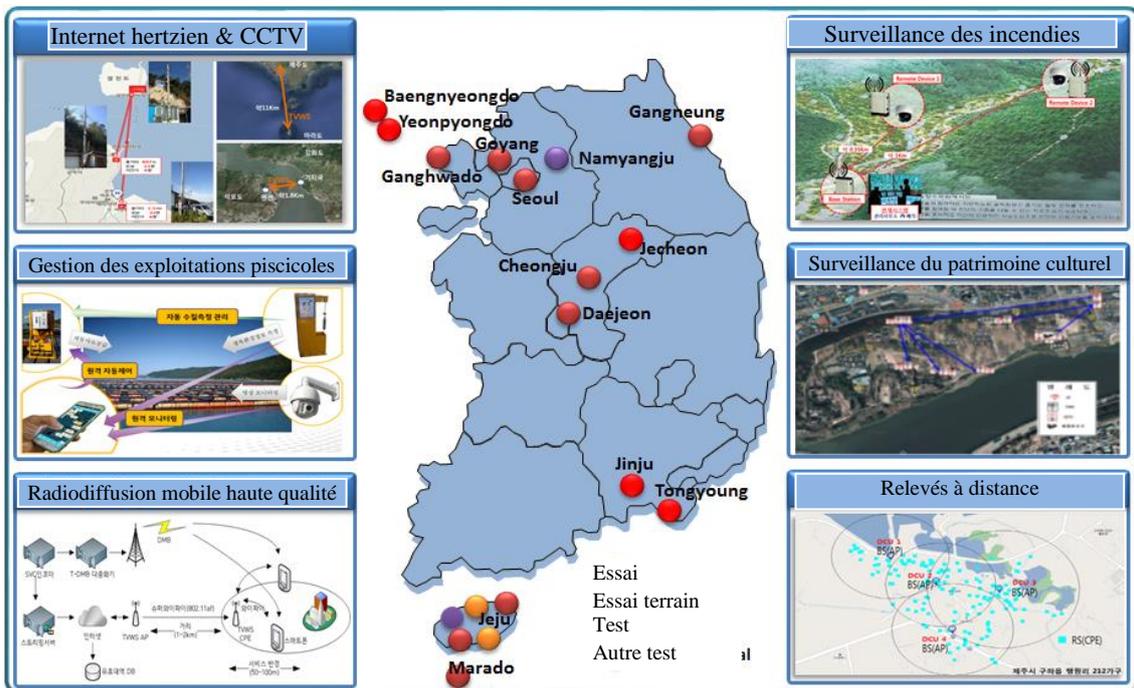
En 2013, le Gouvernement de la Corée a sélectionné cinq consortiums et les a chargés d'étendre les projets pilotes TVWS mis en oeuvre dans le pays.

Ces projets étaient les suivants:

- 1) Service DMB hybride haute définition à Goyang.
- 2) Service Internet hertzien et informations touristiques sur l'île de Jeju.
- 3) Système de caméras de surveillance, surveillance des incendies et autres systèmes utilisés en cas de catastrophe ou pour assurer la sécurité à Gangneung, Séoul, Cheongju, Daejeon et Ganghwado.
- 4) Vérification de la sécurité des personnes seules à l'aide de compteurs d'énergie et l'analyse des relevés, en particulier pour les personnes âgées et les personnes handicapées dans l'île de Jeju.
- 5) Réseau de fourniture de contenus (CDN) pour les systèmes de publicité intelligents à Daejeon.

La Figure A10-3 montre les projets pilotes TVWS.

FIGURE A10-3
Projets pilotes TVWS



Les équipementiers coréens ont réussi à perfectionner les dispositifs TVBD depuis 2014.

En 2015 et 2016, les collectivités locales ont mis en place d'autres services TVWS pilotes, notamment l'Internet hertzien et un service de télévision en circuit fermé (CCTV) dans des zones isolées comme Jecheon et Backnyeongdo, la fourniture de mégadonnées sur l'aquaculture pour faciliter la gestion des exploitations piscicoles à Tongyoung et un système de détection des incendies pour protéger le patrimoine culturel à Jinju.

L'un de ces projets pilotes a été mis en oeuvre dans une zone isolée de Jecheon, submergée sous un lac artificiel lors de la construction d'un barrage en 1985. Cette zone était tellement isolée que l'on ne disposait pas de réseaux de communication et d'équipements électriques pour la desservir. Grâce

à des systèmes de production d'énergie solaires et à des dispositifs TVBD, il a été possible de déployer l'Internet hertzien.

Point positif, la construction des réseaux à dispositifs TVBD n'a pas été coûteuse. Le coût est en effet inférieur de 76% à celui d'un réseau mobile/hertzien et de 95% à celui de la pose d'un câble de communication sous-marin.

Les liaisons de raccordement TVWS pour le service Internet hertzien dans la zone isolée de Jecheon sont présentées dans la Figure A10-4. Les spécifications des dispositifs TVBD et le débit utilisé pour le projet pilote sont indiqués dans les Tableaux A10-2 et A10-3 respectivement.

FIGURE A10-4
Liaisons de raccordement TVWS pour le service Internet hertzien dans la zone isolée de Jecheon

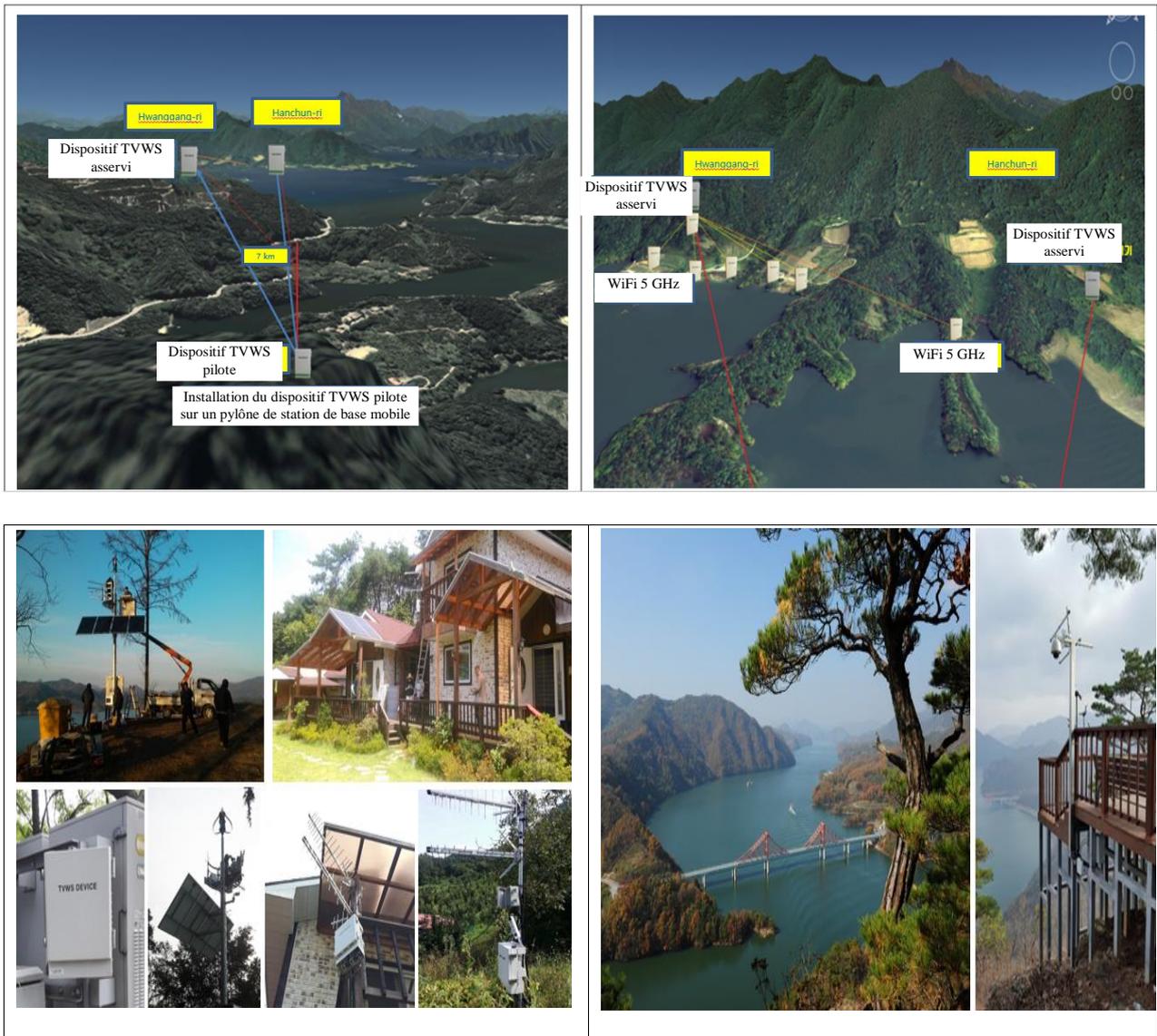
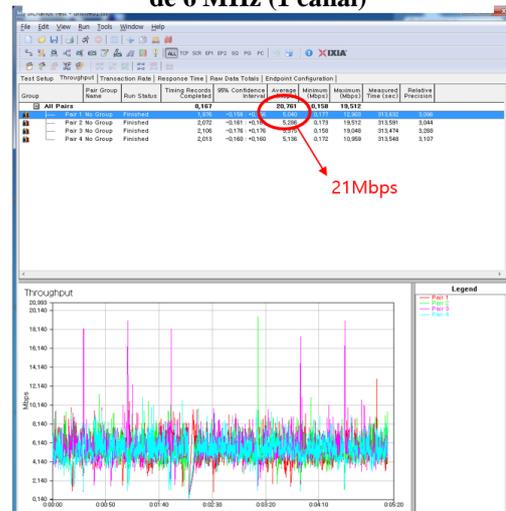


TABLEAU A10-2
Spécifications des dispositifs TVBD

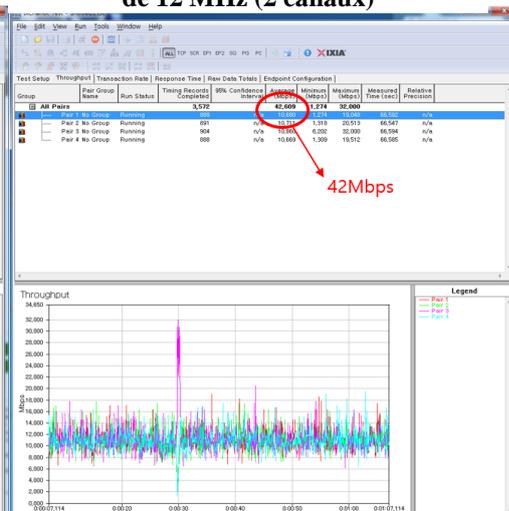
Catégorie	Spécification
Gamme de fréquences	470-698 MHz
Puissance d'émission	27 dBm/6 MHz, 30 dBm/12 MHz
Pas de commande de puissance d'émission	1 dB
p.i.r.e. à l'émission	36 dBm/6 MHz, 39 dBm/12 MHz
Gabarit spectral d'émission	55 dB
Niveau de réception maximum	-40 dBm/porteuse
MIMO	2x2 (vertical/horizontal)
Largeur de bande de la porteuse	6 MHz ou 12 MHz (adjacente)
Accès multiple	CSMA/CA
Modulation	QPSK, MAQ-16, MAQ-64
Distance de service	7 km en visibilité directe
Débit maximum	21 Mbit/s (6 MHz), 42 Mbit/s (12 MHz)
Interface WAN/LAN	RJ-45
Alimentation en courant alternatif	220 V
Dimension	310 mm x 440 mm x 140 mm

TABLEAU A10-3
Débit des dispositifs TVBD

Débit pour une largeur de bande
de 6 MHz (1 canal)



Débit pour une largeur de bande
de 12 MHz (2 canaux)



Les canaux TVWS disponibles peuvent varier d'une région à l'autre. Par exemple, pour les dispositifs TVBD fixes, trois canaux en moyenne sont disponibles en zones urbaines et sept sont disponibles en moyenne dans les zones rurales. Le projet pilote TVWS de Jecheon a permis d'atteindre un débit de 21 Mbit/s seulement sur un canal TVWS (largeur de bande de 6 MHz) à une distance de 7 km de la station de radiocommunication raccordée à un accès public et un débit de 42 Mbit/s en regroupant deux canaux adjacents (largeur de bande de 12 MHz). Par conséquent, les habitants peuvent accéder aux services Internet et aux services de commerce électronique.

4 Conclusions

La Corée est convaincue que les espaces blancs de télévision contribueront à résoudre le problème de la fracture numérique et à rendre l'accès large bande hertzien plus abordable financièrement partout dans le pays. L'utilisation en partage du spectre pourrait en outre permettre de remédier à l'insuffisance des ressources spectrales et de faciliter l'accès aux services pour la population dans la société hyperconnectée de demain.

Références

- [1] Plan de base d'utilisation des espaces blancs de télévision, décembre 2011, Corée (Rép. de)
 - [2] Etude du plan d'utilisation et de mise en oeuvre des services dans les espaces blancs de télévision, décembre 2011, Association des promotions des radiocommunications de Corée (RAPA)
 - [3] Etude des dispositions réglementaires applicables à l'utilisation en partage du spectre avec accès par base de données, 2013, Association de promotion des radiocommunications de Corée (RAPA)
 - [4] «Atelier sur les espaces blancs de télévision en Corée», novembre 2015, Association de promotion des radiocommunications de Corée (RAPA)
 - [5] «Protection des services existants et incidences sur la couverture des réseaux de dispositifs en utilisant les espaces blancs de télévisions», Journal ETRI février 2016, Volume 38, numéro 1.
-