

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R SM.2015-2
(07/2022)

**Méthodes de détermination des stratégies
nationales à long terme pour
l'utilisation du spectre**

Série SM
Gestion du spectre



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

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

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

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

(Également disponible en ligne: <https://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
TF	Émissions de fréquences étalon et de signaux horaires

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, 2024

© UIT 2024

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.2015-2

**Méthodes de détermination des stratégies nationales
à long terme pour l'utilisation du spectre**

(1998-2019-2022)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Chapitre 1.....	3
1 Introduction	3
2 Processus national de planification à long terme	3
2.1 Définition des besoins de spectre	4
2.2 Disponibilité du spectre	4
2.3 Options de planification du spectre	5
2.4 Mise en œuvre de la planification du spectre	5
2.5 Le processus itératif.....	5
3 L'organisme gestionnaire ou administratif	5
Annexe 1 du Chapitre 1 – Facteurs à prendre en compte	6
Annexe 2 du Chapitre 1 – Méthode d'élaboration d'un plan de gestion du spectre à long terme	8
Chapitre 2.....	14
1 Introduction	14
2 L'approche consultative	15
2.1 Enquête sur les futurs besoins de spectre/services	15
2.2 Interactions internes/externes des groupes représentatifs.....	16
2.3 Analyse des tendances d'utilisation	17
2.4 Exemple	17
3 L'approche analytique.....	18
3.1 Introduction.....	18
3.2 Étapes du développement de l'approche analytique	18
3.3 Utilisation de la technique analytique dans le processus de planification des besoins de spectre à long terme	19

Chapitre 3.....	20
1 Détermination des objectifs de gestion du spectre à long terme	20
2 Évaluation du processus actuel de gestion du spectre	21
3 Procédures transitoires.....	21
3.1 Incitation à l'utilisation efficace du spectre	21
3.2 Amélioration de la flexibilité d'utilisation du spectre.....	23
3.3 Maximisation des avantages sociaux et économiques pouvant être obtenus par une gestion du spectre appropriée.....	24
3.4 Vérification que le spectre est utilisé dans toutes les régions du pays où il est nécessaire.....	24
3.5 Mise en place d'une équipe spécialisée et mise au point des outils appropriés d'ingénierie du spectre	24
Annexe 1 du Chapitre 3 – Exemple relatif aux procédures d'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre en Corée (Rép. de).....	25
1 Introduction	25
2 La procédure d'évaluation.....	25
3 Cas d'évaluation concrets	28
4 Contre-mesures et effets attendus selon les résultats de l'évaluation	29
Liste d'abréviations	29

Chapitre 1

Processus de planification à long terme

1 Introduction

La Recommandation UIT-R SM.1047 (Gestion nationale du spectre), adoptée en 2012, recommande de mettre au point des programmes de gestion nationale du spectre traitant, entre autres sujets, de la planification du spectre. En outre, les administrations doivent s'inspirer des sections appropriées des Recommandations et Rapports de l'UIT-R et des Manuels de l'UIT. Le Manuel sur la gestion nationale du spectre adopté en 2015 contient, dans le Chapitre 2 «Planification du spectre», la définition de termes relatifs à la planification du spectre.

Conformément au Manuel, la planification du spectre peut être classée en fonction du temps (court terme, long terme et stratégique) et des domaines couverts (utilisation du spectre et systèmes de gestion du spectre). La «planification à long terme» porte sur des problèmes à résoudre ou des systèmes à mettre en œuvre dans un délai de cinq à dix ans, tandis que la «planification à court terme» doit être mise en œuvre dans un délai de trois à cinq ans. Quant à la planification stratégique, elle consiste à identifier un nombre limité de questions essentielles de gestion du spectre, qui nécessitent de se concentrer sur la recherche de solutions dont la mise en œuvre nécessite plus de dix ans.

Par conséquent, la stratégie à long terme vise à définir une vision et une mission pour trouver des solutions à des questions essentielles de gestion du spectre dont la mise en œuvre prendra plus de dix ans en ce qui concerne l'utilisation du spectre.

Actuellement, la planification du spectre est essentiellement à terme relativement court. Toutefois, si l'on veut que les ressources spectrales soient bien adaptées aux buts et objectifs nationaux, une planification à long terme est essentielle: elle peut en effet constituer la base d'une gestion du spectre permettant de garantir que celui-ci est attribué et assigné efficacement en fonction des besoins de spectre constamment évolutifs des nouveaux systèmes et de leurs applications. La planification à long terme facilite également la prise de décisions en offrant une base aux études pratiques et à l'évaluation d'autres solutions.

La planification à long terme devrait avoir les objectifs suivants:

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

Elle devrait être suffisamment détaillée pour répondre aux besoins de spectre nationaux des systèmes de radiocommunication, aussi bien existants que prévus, dans les délais prescrits.

Elle entraîne également:

- la révision du Tableau national d'attribution des bandes de fréquences;
- la mise au point des positions nationales concernant les ordres du jour des conférences internationales des radiocommunications;
- et des révisions des règlements, politiques et normes en matière de spectre.

2 Processus national de planification à long terme

L'élaboration de stratégies nationales à long terme pour l'utilisation du spectre nécessitera la mise en œuvre d'un processus national de planification du spectre à long terme.

Ce processus peut notamment consister à élaborer et à mettre en œuvre un plan d'utilisation potentielle du spectre. Ce plan devrait être révisé et ajusté en fonction des nouvelles informations tous les ans ou tous les 3 à 5 ans. Il devrait être basé sur des enquêtes sur les besoins de spectre des utilisateurs privés et publics ainsi que sur les tendances en matière de développement de nouvelles technologies. Un exemple d'un tel plan est donné dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Exemple de plan d'utilisation potentielle du spectre

Bande de fréquences (kHz, MHz, GHz)	Services/applications existants et prévus	Particularités	Changements prévus	Notes
915-921 MHz	SRNA Service d'exploitation spatiale aux fins de télémétrie, poursuite et télécommande Service mobile, sauf mobile aéronautique, à titre secondaire. RFID	Le SRNA est exploité à titre primaire	Retrait du SRNA après la fin de la période d'amortissement et déploiement du même service dans d'autres bandes	

Les étapes de l'élaboration du plan et les facteurs dont il faut tenir compte sont indiqués ci-après. Une méthode pouvant être utilisée pour élaborer un plan d'utilisation du spectre à long terme est donnée dans l'Annexe 2 du présent Chapitre.

2.1 Définition des besoins de spectre

La définition des besoins de spectre vise à déterminer de manière générale les futurs besoins de spectre à l'échelle nationale pour tous les services radioélectriques et les facteurs technologiques, économiques et de politique générale (voir l'Annexe 1 du présent Chapitre) qui peuvent avoir une incidence sur l'utilisation du spectre.

Les besoins de spectre peuvent être définis sur la base de l'évaluation de scénarios possibles (voir le Chapitre 2). Traditionnellement, les scénarios d'utilisation du spectre sont évalués sur la base d'informations fournies dans le cadre de consultations par les parties concernées, y compris les organisations nationales de planification du spectre relevant de ministères ou d'organismes publics, des demandes d'utilisateurs individuels et le public.

Des mesures ont récemment été prises pour effectuer une évaluation de scénario sur la base de techniques analytiques de modélisation (voir le Chapitre 2, également applicable aux phases de disponibilité du spectre et d'options de planification du spectre).

2.2 Disponibilité du spectre

L'objectif de cette phase est d'évaluer la disponibilité du spectre pour tous les services radioélectriques du pays et de répondre aux besoins de spectre identifiés dans la phase de définition des besoins. Ces informations proviendront principalement de l'administration proprement dite mais elles pourront également provenir de la Liste internationale des fréquences de l'UIT, des Plans d'allotissement de l'UIT et de toutes études de planification du spectre à l'échelle régionale pouvant exister.

2.3 Options de planification du spectre

L'objectif de cette phase est de définir des options de planification du spectre permettant de répondre aux besoins de spectre en s'appuyant sur les données provenant des deux phases précédentes. Toute analyse concernant la définition d'options de planification du spectre devra tenir compte de facteurs techniques, économiques et de politique générale. Une telle analyse évaluera également les diverses possibilités relatives aux services en fonction des environnements et/ou attributions existants ou en projet. Les recommandations concernant les besoins de service impossibles à satisfaire dans le cadre des attributions nationales existantes seront fondées sur ces analyses et sur tous résultats disponibles en matière de contrôle des émissions. Les options d'attribution sont mises au point et les coûts relatifs de toute réattribution de spectre et/ou de tout déplacement d'utilisateurs de spectre existants sont évalués.

2.4 Mise en œuvre de la planification du spectre

Cette phase portera sur la mise en œuvre de diverses stratégies de planification du spectre (voir le Chapitre 3). Elle pourra éventuellement faire l'objet d'un processus permanent. L'introduction de nouveaux services pourra nécessiter de modifier les tableaux nationaux d'attribution des fréquences et de réviser les règlements nationaux et de l'UIT. Les révisions des règlements internationaux sont apportées dans le cadre des conférences mondiales des radiocommunications (CMR) de l'UIT.

2.5 Le processus itératif

Des décisions antérieures peuvent être réévaluées périodiquement ou être prises à la suite d'événements spécifiques et, au besoin, être modifiées sur la base des renseignements mis à jour. La planification est donc un processus permanent de recherche et d'analyse de données plutôt qu'un processus linéaire.

Un registre de toutes les modifications intervenues peut être tenu à jour afin de conserver une trace des évolutions du plan à long terme.

3 L'organisme gestionnaire ou administratif

L'établissement d'un organisme gestionnaire ou administratif, assurant la direction et la supervision de la mise en œuvre du programme de planification du spectre est nécessaire pour garantir que les problèmes posés par les stratégies d'utilisation du spectre à long terme peuvent être traités. Cela impliquera l'introduction d'un système de reconnaissance initiale dans le cadre des procédures de planification de cet organisme. Celui-ci pourra cependant recevoir le concours d'organes de planification spécialisés tels que des équipes de projet et des groupes d'étude.

Ne se prêtant pas à la délégation de pouvoirs et compte tenu des conséquences ainsi que de la portée des décisions à prendre, la planification à long terme est généralement une tâche relevant du niveau d'encadrement. De tels organes de planification seront chargés des tâches suivantes:

- mise au point détaillée des politiques stratégiques et résolution des problèmes relatifs à la conversion des politiques stratégiques en plans opérationnels;
- attribution de ressources financières et humaines;
- examen stratégique des procédures, résultats et besoins en rapport avec la mise en œuvre des stratégies;
- recommandations éventuellement nécessaires au sujet des ajustements à apporter à l'organisation et aux systèmes de gestion;
- tenue à jour des données de planification servant de base à la gestion des fréquences.

Annexe 1 du Chapitre 1

Facteurs à prendre en compte

On trouvera ci-dessous la liste des facteurs à prendre en compte dans le processus de planification à long terme.

- 1 Facteurs juridiques et de politique générale
 - 1.1 Facteurs relatifs à la réglementation
 - 1.1.1 Attribution internationale des fréquences (UIT-R)
 - 1.1.2 Organismes régionaux de gestion des fréquences
 - 1.1.3 Procédure nationale d'attribution des fréquences
 - 1.1.4 Procédures de gestion des fréquences des administrations des pays voisins
 - 1.1.5 Politiques de normalisation
 - 1.1.6 Facteurs relatifs à l'infrastructure des télécommunications
 - 1.2 Facteurs industriels
- 2 Facteurs économiques
 - 2.1 Mobilité des usagers
 - 2.2 Mondialisation
 - 2.3 Développement économique global
 - 2.4 Facteurs relatifs au marché
 - 2.4.1 Structure des prix et des tarifs pour les équipements et les services
 - 2.4.2 Besoins du marché et facteurs de commercialisation
 - 2.4.3 Procédures et pratiques utilisées par les fournisseurs de services
 - 2.4.4 Adjudication du spectre
 - 2.5 Impact des nouveaux services et des nouvelles technologies
- 3 Facteurs sociaux
 - 3.1 Évolutions de la demande à la suite de changements concernant la structure sociale
 - 3.2 Évolutions de la demande à la suite de changements concernant les heures travaillées par jour et par carrière
 - 3.3 Sécurité et sûreté publique
 - 3.4 Acceptation par le public des applications hertziennes
- 4 Facteurs écologiques
 - 4.1 Pollution électromagnétique et brouillage radioélectrique
 - 4.2 Aversion du public pour les grandes structures d'antenne et la multiplication des sites
 - 4.3 Débris dans l'espace
- 5 Facteurs techniques
 - 5.1 Technologies de base

- 5.1.1 Micro-électronique
- 5.1.2 Traitement du signal
- 5.1.3 Composants d'équipement
 - 5.1.3.1 Alimentations
 - 5.1.3.2 Accumulateurs
- 5.1.4 Supports de communication
- 5.2 Techniques de codage et de modulation
 - 5.2.1 Codage de source
 - 5.2.2 Codage de canal
 - 5.2.3 Techniques de modulation
- 5.3 Techniques d'accès aux canaux
 - 5.3.1 Accès multiple par répartition dans le temps (AMRT)
 - 5.3.2 Accès multiple par répartition en fréquence (AMRF)
 - 5.3.3 Accès multiple par répartition en code (AMRC)
 - 5.3.4 Accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence (AMROF)
- 5.4 Modes d'émission
 - 5.4.1 Techniques de diversité
 - 5.4.1.1 Diversité temporelle
 - 5.4.1.2 Diversité fréquentielle
 - 5.4.1.3 Diversité d'antennes
 - 5.4.1.4 Diversité spatiale
 - 5.4.1.5 Diversité goniométrique
 - 5.4.2 Techniques de multiplexage spatial
 - 5.4.2.1 Multiplexage direct
 - 5.4.2.2 Techniques de formation de faisceaux à l'émission
 - 5.4.3 Techniques d'étalement du spectre
- 5.5 Antennes
 - 5.5.1 Optimisation des antennes
 - 5.5.1.1 Utilisation de nouvelles technologies et méthodes de fabrication pour réduire le niveau des lobes latéraux et réduire la corrélation entre les antennes
 - 5.5.1.2 Nouvelles méthodes de mise au point des antennes
 - 5.5.1.3 Antennes massives à entrées multiples, sorties multiples
- 5.6 Traitement des données de télécommunication

Annexe 2 du Chapitre 1

Méthode d'élaboration d'un plan de gestion du spectre à long terme

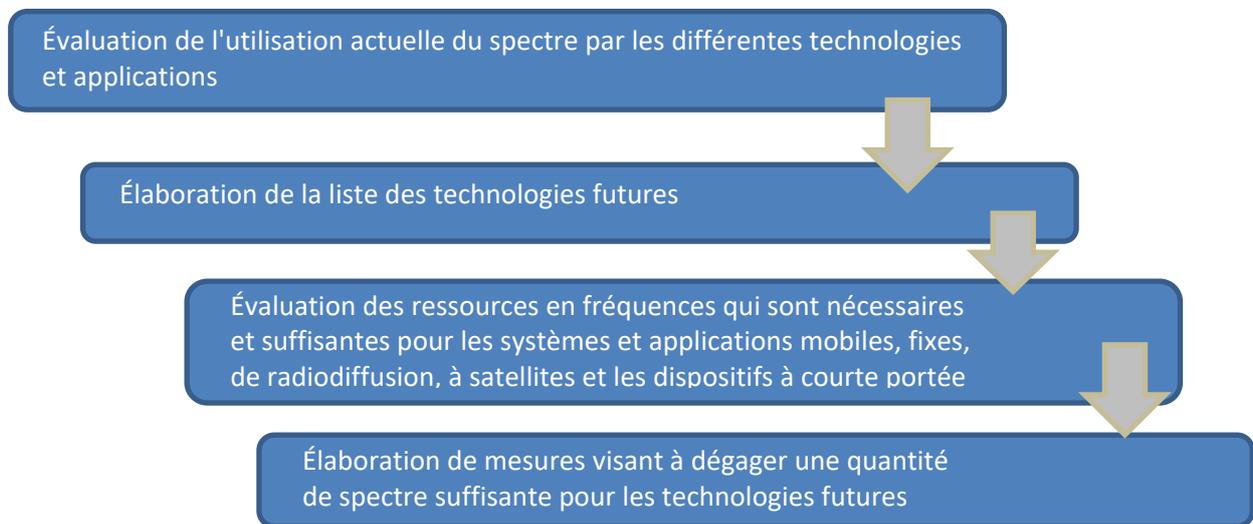
L'élaboration d'un plan de gestion du spectre à long terme vise principalement à assurer l'efficacité d'utilisation des fréquences. En fonction de ses objectifs, une administration peut choisir des critères d'efficacité d'ordre technique, économique ou concernant la politique générale.

Le processus d'élaboration d'un plan de gestion du spectre à long terme comprend les étapes suivantes (voir la Fig. 1):

- 1) Évaluation de l'utilisation actuelle du spectre par les différentes technologies et applications.
- 2) Élaboration de la liste des technologies futures.
- 3) Évaluation des ressources en fréquences qui sont nécessaires et suffisantes pour les systèmes et applications mobiles, fixes, de radiodiffusion, à satellites et les dispositifs à courte portée.
- 4) Élaboration de mesures visant à dégager une quantité de spectre suffisante pour les technologies futures.

FIGURE 1

Évaluation de l'utilisation actuelle du spectre par les différentes technologies et applications



À l'étape d'évaluation de l'utilisation actuelle du spectre par les différentes technologies et applications, les principales tâches sont les suivantes:

- Évaluation du spectre effectivement utilisé par les applications et systèmes mobiles, fixes, de radiodiffusion, à satellites et les dispositifs SRD.
- Détermination des bandes de fréquences dans lesquelles de nouvelles technologies et applications pourraient être mises en œuvre.
- Détermination des bandes de fréquences utilisées de manière inefficace.

Élaboration de la liste des technologies futures

On peut recourir à des méthodes faisant appel à des experts pour élaborer la liste des technologies futures. Le choix de ce type de méthodes tient à ce qu'il existe peu de données statistiques sur l'utilisation des nouvelles technologies, voire aucune.

Les informations requises peuvent être recueillies par le biais de discussions ou de questionnaires.

Les avis d'experts sont des opinions de professionnels hautement qualifiés exprimées sous forme d'évaluations qualitatives ou quantitatives de l'objet, qui sont destinées à être utilisées dans le processus de prise de décision.

Pour évaluer les indicateurs qualitatifs, on peut utiliser une échelle verbale-numérique, associée à une description des niveaux et des intervalles ou des valeurs numériques appropriés.

Une consultation d'experts peut être individuelle ou collective, à un ou plusieurs tours, et peut soit permettre soit interdire aux experts d'échanger des informations entre eux. Les consultations d'experts peuvent en outre être ouvertes ou anonymes. La diversité des domaines dans lesquels elles peuvent être utilisées font que les méthodes faisant appel à des experts sont multiformes et souples. Cependant, la mise en œuvre de l'une des méthodes les plus connues et les plus répandues n'est pas toujours possible. Par conséquent, lors de la mise en œuvre d'une consultation d'experts complexe et peu courante, il est recommandé aux administrations de faire preuve de créativité dans l'utilisation des méthodes connues et de combiner les possibilités offertes par chacune d'entre elles. Parfois, il pourrait être approprié d'élaborer une nouvelle méthode. Parmi les méthodes faisant appel à des experts, les plus simples et les plus connues sont les commissions, le jury de spécialistes et le brainstorming. Dans la première méthode, une série de discussions ouvertes sont menées sur un thème pour aboutir à une opinion intégrée. Dans la deuxième méthode (jury de spécialistes), la consultation des experts est menée comme dans un procès.

Dans le cas du brainstorming, chaque idée doit être examinée et ne peut être rejetée. L'animateur connaît le but final d'une discussion et oriente les débats en conséquence.

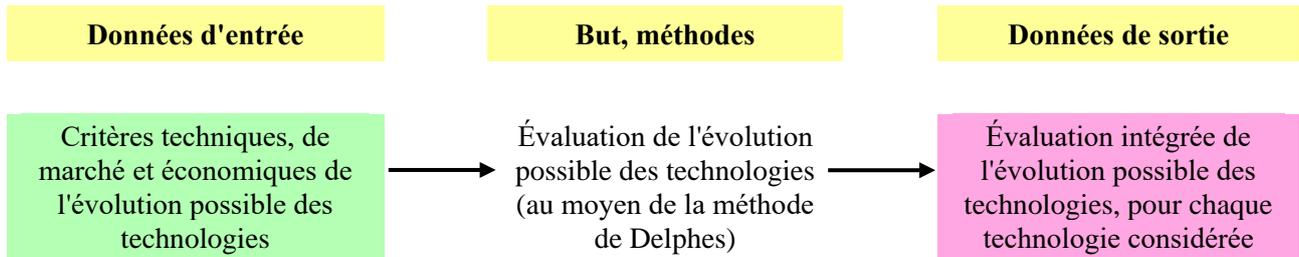
Chaque technologie choisie par les experts fait l'objet d'une évaluation de son évolution possible. Pour cette évaluation, on peut recourir à la méthode de Delphes, qui est souvent utilisée pour les consultations d'experts. Cette méthode consiste à recueillir les opinions indépendantes de chaque expert participant puis à faire la synthèse des idées, des conclusions et des propositions pour parvenir à un accord. Cette méthode est basée sur des entretiens de groupe anonymes à plusieurs tours.

La méthode de Delphes regroupe un ensemble de méthodes reposant sur les exigences générales d'organisation de la procédure et les modalités de réception de l'évaluation des experts. L'efficacité du travail des experts est assurée par l'anonymat de la procédure et la possibilité d'obtenir de plus amples informations sur l'objet de la consultation des experts. En règle générale, la consultation des experts est menée en plusieurs tours afin de fournir un retour d'information. Cela permet aux experts de revoir leur opinion en tenant compte des évaluations moyennes intermédiaires et des précisions apportées par les experts. À l'heure actuelle, il n'existe pas de consensus sur le nombre de tours de la méthode de Delphes. Cela dépend des spécificités de la consultation des experts et de ses objectifs. En règle générale, les évaluations ne changent pas après le deuxième tour.

Chaque étape comporte des procédures types. Il est demandé aux experts d'évaluer l'objet de manière qualitative en répondant à des questions concernant, par exemple, la durée prévue d'un événement donné, l'importance des caractéristiques dans les notes, etc. Après réception des réponses des experts, on classe les données et on calcule la médiane et les quartiles des données ordonnées. Les résultats sont transmis aux experts et il leur est demandé de préciser leur opinion, en particulier aux experts dont les évaluations se situent en dehors des limites des quartiles. Avant le début de la procédure, les experts reçoivent toutes les informations disponibles sur l'objet.

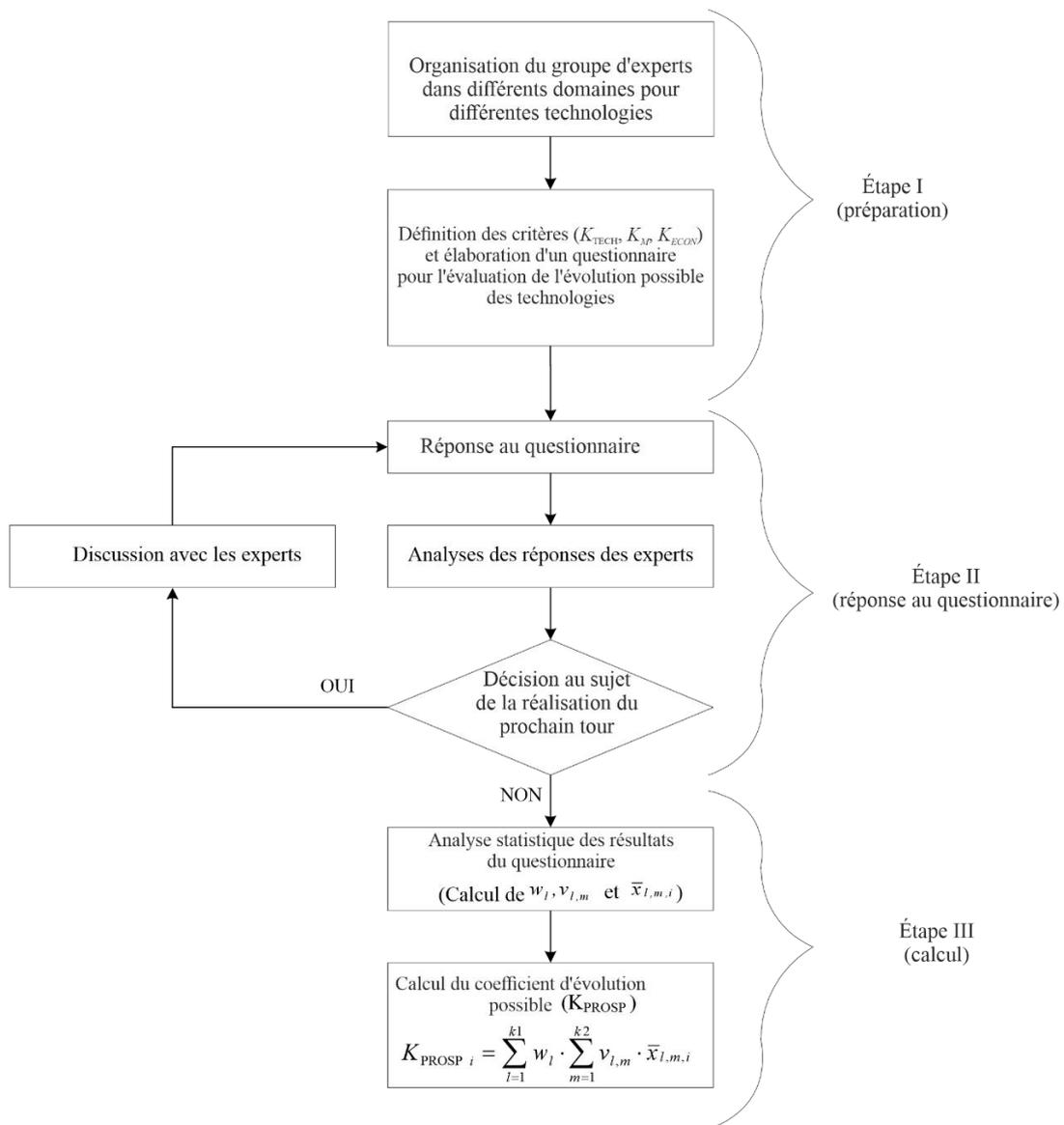
Chaque expert reçoit un questionnaire. Les questions difficiles doivent être suivies d'une note explicative. La Figure 2 présente un schéma relatif à l'évaluation de l'évolution possible des technologies.

FIGURE 2
Évaluation de l'évolution possible des technologies



La Figure 3 présente l'algorithme élaboré pour obtenir des données d'entrée pour l'évaluation de l'évolution possible des technologies au moyen de la méthode de Delphes.

FIGURE 3
Algorithme pour effectuer un sondage d'experts au moyen de la méthode de Delphes



Conformément à la procédure élaborée, le groupe d'experts est constitué lors de la première étape. Pour définir le nombre d'experts nécessaires pour obtenir des résultats représentatifs, on utilise la formule suivante:

$$n = \frac{z_P^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2} \quad (1)$$

Où Z_P est déterminé conformément à un tableau de valeurs en fonction de la probabilité $1 - \alpha$ correspondant au niveau de confiance. Pour $1 - \alpha = 0,95$, $Z_P = 1,96$; σ^2 est la variance des évaluations des experts et Δ est la précision de l'évaluation.

Dans cette étape, les experts définissent également les critères à utiliser pour l'évaluation de l'évolution possible des technologies. Il existe trois groupes de critères:

- techniques;
- de marché;
- économiques.

On trouvera ci-après des exemples pour chaque groupe de critères.

Critères techniques:

- K_V – Délai prévu pour la libération du spectre. Il est important non seulement pour l'opérateur mais aussi pour le gouvernement. Le délai de libération du spectre détermine le délai à l'issue duquel la nouvelle technologie considérée sera mise en œuvre et les avantages qu'elle procure seront offerts. Plus le spectre est libéré tôt, plus les perspectives de développement de la technologie considérée sont nombreuses (note supérieure).
- K_D – Nombre de types de dispositifs qui sont retirés de la bande. Cet indicateur reflète la complexité et la durée des mesures pour le réaménagement du spectre. Plus les types de dispositifs retirés sont nombreux, moins les perspectives de développement de la technologie considérée sont nombreuses (note inférieure).
- K_H – L'immunité aux brouillages des dispositifs utilisant la nouvelle technologie rend compte des possibilités de compatibilité de la technologie considérée dans la bande disponible. Plus l'immunité aux brouillages est élevée, plus les perspectives de développement de la technologie considérée sont nombreuses (note supérieure).
- K_S – Efficacité d'utilisation du spectre de la technologie future. Ce critère indique l'efficacité d'utilisation du spectre par la technologie considérée. Plus l'efficacité d'utilisation du spectre est élevée, plus les perspectives de développement de la technologie considérée sont nombreuses (note supérieure).

Critères de marché:

- K_R – Disponibilité de normes et réglementations approuvées. Cet indicateur reflète la disponibilité de normes relatives à la technologie approuvées par les organisations de normalisation internationales et régionales. Cette disponibilité favorise le développement de la technologie.
- K_K – Concurrence entre les fabricants sur le marché. Cet indicateur caractérise les perspectives de développement de la technologie liées à la concurrence entre les fournisseurs sur le marché. En raison des spécificités des prix du marché et de la loi de l'offre et de la demande, plus les vendeurs sont nombreux sur le marché, plus les prix des dispositifs sont bas. Plus le marché est concurrentiel, plus les perspectives de développement de la technologie considérée sont nombreuses (note supérieure).
- K_E – Expérience dans l'utilisation de la nouvelle technologie. L'existence d'une expérience accélère le déploiement de la nouvelle technologie et permet de prendre en compte toutes les particularités des réseaux pilotes et commerciaux.

Critères économiques:

- K_{dox} – Efficacité économique (rentabilité) de l'utilisation de la nouvelle technologie. Cet indicateur rend compte de l'efficacité économique de l'utilisation du spectre par différentes technologies. Plus l'efficacité est grande, plus les perspectives de développement de la technologie considérée sont élevées (note supérieure).

Une fois les critères définis, ils sont organisés dans un questionnaire dans lequel les experts sont invités à noter les technologies selon ces critères (de 0 à 10). En particulier, les experts sont invités à évaluer l'incidence:

- des groupes de critères définis sur les perspectives de développement des technologies en général;
- de chaque facteur sur les perspectives de développement des technologies au sein du groupe considéré;
- de chaque facteur sur les perspectives de développement de chaque technologie radioélectrique considérée.

La deuxième étape correspond à la procédure de réponse au questionnaire proprement dite, qui est organisée en deux tours.

La troisième étape consiste à effectuer une analyse statistique des résultats reçus. Dans cette étape, on adopte la condition suivante: si, pour une technologie donnée, l'importance de l'un des critères est estimée à «0» par tous les experts, cette technologie radioélectrique est exclue des calculs ultérieurs.

Pour le traitement des données, on peut utiliser l'algorithme suivant:

- 1) On calcule la valeur moyenne des évaluations des experts concernant l'incidence des groupes de critères identifiés, dans l'effet combiné, sur les perspectives de développement des technologies radioélectriques ($\bar{\alpha}_l$):

$$\bar{\alpha}_l = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{l,j}}{n} \quad (2)$$

où $\alpha_{l,j}$ est la note donnée au groupe de critères l par l'expert j ($j=1 \div n$, n étant le nombre d'experts).

Pour passer des notes aux unités relatives, on calcule le poids relatif de chaque groupe de critères dans l'effet combiné:

$$w_l = \frac{\bar{\alpha}_l}{\sum_{l=1}^{k1} \bar{\alpha}_l} \quad (3)$$

où w_l est le poids du groupe l en unités relatives; $\bar{\alpha}_l$ est la valeur moyenne des évaluations des experts pour le groupe l dans les notes ($l=1 \div k1$, $k1$ étant le nombre de groupes de critères, $k1=3$). $\bar{\alpha}_l$ est calculé au moyen de l'équation (2).

- 2) On calcule la valeur moyenne de l'évaluation des experts concernant chaque critère des perspectives de développement des technologies radioélectriques.

$$\bar{y}_{l,m} = \frac{\sum_{j=1}^n y_{l,m,j}}{n}, \quad (4)$$

où $y_{l,m,j}$ est la note donnée au critère m du groupe l par l'expert j .

Pour passer des notes aux unités relatives, on calcule un poids pour chaque critère d'un groupe.

$$v_{l,m} = \frac{\bar{y}_{l,m}}{\sum_{m=1}^{k2} \bar{y}_{l,m}}, \quad (5)$$

où $v_{l,m}$ est le poids du critère m en unités relatives ($m=1 \div k2$, $k2$ étant le nombre de critères dans le groupe considéré – critères techniques ou économiques); $\bar{y}_{l,m}$ est la note moyenne pour le critère m . $\bar{y}_{l,m}$ est défini par l'équation (4).

3) On calcule la note moyenne pour chaque critère et pour chaque technologie. Pour plus de commodité, les notes données par les experts sont divisées par 10.

$$\bar{x}_{l,m,i} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{l,m,i,j}}{n}, \quad (6)$$

où $\bar{x}_{l,m,i}$ est la note moyenne donnée à la technologie i pour le critère considéré ($i=1 \div k3$, $k3$ étant le nombre de technologies considérées); $x_{l,m,i,j}$ est la note donnée à la technologie i par l'expert j divisée par 10.

4) On calcule le coefficient d'évolution possible pour chaque technologie considérée.

$$K_{PROSPi} = \sum_{l=1}^{k1} w_l \cdot \sum_{m=1}^{k2} v_{l,m} \cdot \bar{x}_{l,m,i}, \quad (7)$$

où K_{PROSPi} est le coefficient d'évolution possible pour la technologie i ($i=1 \div k3$, $k3$ étant le nombre de technologies), en unités relatives; w_l est le poids du groupe de critères l ($l=1 \div k1$, $k1$ étant le nombre de groupes de critères), en unités relatives; $v_{l,m}$ est le poids du critère m ($m=1 \div k2$, $k2$ étant le nombre de critères dans le groupe l), en unités relatives; $\bar{x}_{l,m,i}$ est la note moyenne donnée à la technologie i pour le critère m dans le groupe de critères l , en unités relatives.

Évaluation des ressources en fréquences qui sont nécessaires et suffisantes pour les systèmes et applications mobiles, fixes, de radiodiffusion, à satellites et les dispositifs à courte portée

Pour déterminer les ressources en fréquences minimales nécessaires, toutes les technologies retenues sont regroupées par catégories: systèmes de communication mobiles, systèmes de communication fixes, systèmes de radiodiffusion, systèmes à satellites et dispositifs à courte portée.

La méthode de détermination des besoins de spectre peut être décrite comme suit:

- Choix des paramètres des services de communication fournis.
- Calcul du nombre d'abonnés par mètre carré en divisant le nombre total d'abonnés par la surface de la zone de service (cellule).
- Choix des facteurs de pénétration (%). Pour chaque zone, il peut y avoir un facteur de pénétration différent.
- Calcul du nombre d'abonnés par cellule (pour les systèmes cellulaires).
- Définition des valeurs des paramètres de trafic:
 - la charge aux heures de pointe (appels/heure);
 - la durée de la session de communication (en secondes);
 - le coefficient d'activité des abonnés (sans unité).
- Calcul du trafic par abonné.
- Calcul du trafic total (Mbit/s).
- Calcul des performances du système compte tenu de la qualité des lignes de communication et du taux acceptable de blocage des appels.
- Évaluation du spectre requis pour la mise en œuvre de la nouvelle technologie.

Pour plus de détails concernant l'évaluation des besoins de spectre, on peut se reporter aux Recommandations UIT-R M.1390 et UIT-R M.1768-1, qui présentent des méthodes de calcul des besoins en spectre des IMT-2000 et des IMT évoluées. En outre, la Recommandation UIT-R M.1651 présente également une méthode d'évaluation des besoins de spectre des systèmes d'accès hertzien nomade à large bande exploités dans la bande des 5 GHz.

Élaboration de mesures visant à dégager une quantité de spectre suffisante pour les technologies futures

Parmi les mesures permettant de dégager des ressources en fréquences pour les technologies prometteuses, on peut recourir à la conversion, au réaménagement ou à de nouvelles méthodes de gestion du spectre (par exemple LSA¹).

Chapitre 2

Évaluation des scénarios

1 Introduction

Selon la situation nationale, les ressources disponibles et l'encadrement réglementaire du spectre, un gestionnaire national du spectre pourra effectuer un choix à partir d'un certain nombre de méthodes pour évaluer des scénarios quant à leur incidence possible sur l'utilisation du spectre. L'évaluation des scénarios ayant une incidence sur l'utilisation du spectre peut se fonder sur des approches consultatives ou analytiques ou sur une combinaison de telles approches. Cette évaluation peut être très détaillée (car tenant compte de tous les facteurs possibles) ou être plus superficielle dans sa vue

¹ Pour de plus amples informations, voir le Rapport UIT-R SM.2404 – Outils de régulation visant à permettre une amélioration de l'utilisation en partage du spectre.

d'ensemble. Par ailleurs, la responsabilité de l'examen des facteurs peut être principalement confiée au gestionnaire national du spectre (voir également le Chapitre 1) ou être répartie entre les parties intéressées. Cette évaluation des scénarios contribue finalement à construire la base des décisions prises par le gestionnaire national du spectre en ce qui concerne l'attribution des fréquences ou leur réglementation. Un scénario est une séquence théorique d'événements, fondée sur des interventions et développements concernant un domaine spécifique (comme les tendances démographiques d'un pays) ou concernant une période spécifique, ces événements ayant un certain rapport les uns avec les autres. Un scénario n'est pas en soi une prévision mais il complète la prévision traditionnelle en offrant un enregistrement d'une éventuelle séquence d'événements isolés concernant un aspect particulièrement intéressant d'un système.

Des scénarios sont utilisés dans le cadre de la planification à long terme pour prédire d'éventuels développements. Ils ont pour fonction:

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

Les scénarios sont fondés sur les principaux facteurs d'influence, c'est-à-dire sur les facteurs socio-économiques, techniques et de politique générale. Ils peuvent être développés de façon systématique, selon différentes configurations de ces facteurs et de leur degré de probabilité estimé.

2 L'approche consultative

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

2.1 Enquête sur les futurs besoins de spectre/services

L'approche consultative commence par une notification ou annonce publique initiale, informant toutes les parties intéressées qu'un plan d'utilisation du spectre à long terme ou, le cas échéant, un élément stratégique précis d'un tel plan, va être mis au point. Cette annonce formule également une demande de renseignements techniques, sociaux et économiques concernant un tel plan. Elle sera largement diffusée, de préférence dans une publication officielle dont on sait qu'elle possède une vaste audience. Le caractère public de l'annonce est essentiel afin de susciter un intérêt maximal et d'obtenir un maximum de réactions de la part des opérateurs de système potentiels. Les limitations apportées à la diffusion de l'annonce diminueront la réponse obtenue. Cependant, dans les pays où de telles méthodes officielles de publication n'existent pas ou, dans le cas où le temps est limité, l'utilisation d'organismes consultatifs permanents peut représenter une méthode efficace pour recueillir des informations.

Le domaine d'application de l'enquête doit être défini, ainsi que le calendrier des réponses. Celles-ci pourront normalement venir de groupes d'utilisateurs du spectre, de fournisseurs de services hertziens, d'équipementiers, d'organisations gouvernementales, y compris militaires, et du grand public. Les planificateurs du spectre pourront demander que les réponses soient données par écrit ou par dialogue direct. De toute façon, les réponses reçues de ces groupes formeront une base permettant de

déterminer les besoins en fréquences et conduiront à la prise de décisions concernant la gestion du spectre.

Comme indiqué ci-dessus, un certain nombre de groupes fournissent des renseignements au cours de ce processus consultatif. Les groupes d'utilisateurs sont des usagers de services de télécommunication qui ont un intérêt commun à recevoir le meilleur service au meilleur coût. Les fournisseurs de services de radiocommunication sont les entités commerciales qui fournissent des services aux usagers. Ces entités ont des prévisions de croissance de leurs services, fondées sur leurs propres études et sur leur sens des affaires. Cette croissance des services pourrait se traduire par une demande de fréquences additionnelles. Les constructeurs d'équipements hertziens ont un intérêt direct à la croissance de systèmes de type hertzien. Ils peuvent formuler des observations techniques sur l'applicabilité des diverses bandes de fréquences à un service hertzien proposé, ainsi que des prévisions relatives aux progrès techniques pouvant améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre.

Le gouvernement national et les autorités locales, ainsi que militaires, exprimeront des besoins en fréquences en faveur de systèmes de radiocommunication futurs. Bien que les services commerciaux puissent répondre à une partie de ces besoins, un grand nombre de ces derniers pourront être particuliers et nécessiter des fréquences et des systèmes hertziens particuliers, consacrés à ces besoins. Il est probable que certains de ces systèmes pourront relever de la sécurité nationale au point que la connaissance de ces systèmes ne sera pas dans le domaine public et devra être protégée par l'organisme de réglementation.

Le principe sous-jacent du processus consultatif est que les utilisateurs, les fournisseurs de services et les constructeurs sont ceux qui sont les mieux à même d'évaluer leurs propres besoins en fréquences. Comme ceux-ci dirigent des entreprises ou remplissent une fonction gouvernementale, ils doivent être en mesure d'évaluer leurs besoins, les coûts et les demandes d'utilisation. Les facteurs sociologiques et économiques doivent donc être déterminés et pris en compte par les participants lorsqu'ils expriment leurs besoins.

Étant donné que ce sont ceux qui ont besoin de fréquences qui répondent à l'enquête, il peut y avoir une tendance compréhensible à exagérer leurs besoins de spectre et de services. Les questionnaires nationaux du spectre pourront donc recourir à un dialogue interactif et à une analyse des tendances d'utilisation afin de contribuer à garantir une précision suffisante.

2.2 Interactions internes/externes des groupes représentatifs

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

Aux fins d'une maximisation des interactions et parfois d'une accélération du processus, il est toutefois approprié de rencontrer des représentants des principaux groupes ayant répondu au cours de la période d'enquête. Cette interaction donne l'occasion d'établir un dialogue entre utilisateurs, fournisseurs de services et législateurs afin de préciser l'objectif du processus ainsi que de réduire ou éliminer d'éventuelles amplifications des besoins de spectre. Ce dialogue replace chaque besoin dans le contexte des autres requêtes (aussi bien nouvelles qu'anciennes), ce qui donne un caractère réaliste aux négociations relatives au spectre et en fin de compte au résultat de la planification. Il est fréquent qu'un tel dialogue aide les proposant à réviser leurs requêtes au fur et à mesure de leur collaboration réciproque.

2.3 Analyse des tendances d'utilisation

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

2.4 Exemple

En 1993, une institution de l'administration des États-Unis d'Amérique a lancé une enquête visant à déterminer les besoins de spectre à l'échelle nationale sur une période de dix ans à venir. Un avis d'enquête a été publié dans le Registre fédéral, qui est un quotidien officiel permettant de diffuser au public les propositions de règles fédérales, les enquêtes et les avis généraux concernant les activités du secteur public. Cette enquête décrivait la nécessité d'effectuer une prévision des besoins de spectre et posait une série de questions concernant les futurs besoins de spectre. L'enquête demandait aux organisations, aux entreprises et aux individus d'envoyer leur réponse.

En réponse à cette enquête, plus de 70 observations ont été formulées par l'industrie, par des groupes d'utilisateurs, par des individus et par des institutions publiques. L'importance de chacune de ces observations allait de deux à plusieurs centaines de pages. Ces observations ont été passées en revue et les futurs besoins de spectre ont été rassemblés pour les divers services hertziens bénéficiant d'attributions de fréquences.

Les statistiques relatives aux licences radio du secteur public et du secteur privé ont été examinées afin de déterminer le taux de corrélation avec les observations reçues au sujet des futurs besoins de spectre. À la suite de cette analyse, des réunions ont été tenues avec des groupes d'usagers de communications mobiles terrestres, de fournisseurs de services pour communications personnelles et de constructeurs, afin d'échanger des renseignements additionnels concernant les futurs besoins en spectre.

Des résultats préliminaires concernant les futurs besoins de spectre ont été fournis à des comités consultatifs gouvernementaux composés d'experts dans le domaine des télécommunications. Ces comités ont passé en revue ces résultats et ont formulé des observations complémentaires sur les besoins de spectre.

Enfin, après examen de toutes les observations reçues, un rapport a été élaboré² sur les prévisions des futurs besoins de spectre pour les services hertziens bénéficiant d'attributions de fréquences aux États-Unis d'Amérique. Sur la base de ce rapport et des besoins formulés dans d'autres comités, on a pu élaborer des plans afin de réviser les tableaux d'attribution nationaux et internationaux et de répondre ainsi aux futures exigences des services de télécommunication.

² «U.S. National Spectrum Requirements: Projections and Trends», U.S. Department of Commerce (mars 1995).

3 L'approche analytique

3.1 Introduction

L'approche analytique se compose d'une analyse détaillée des facteurs exerçant une influence sur la tendance à prévoir. Les conclusions et hypothèses de l'analyse sont converties en valeurs compréhensibles. Ces valeurs numériques sont calculées mathématiquement à l'aide de logiciels le cas échéant.

Cette méthode, qui combine l'analyse et les mathématiques, présente les avantages suivants:

- il s'agit d'une méthode inductive compréhensible qui est fondée sur des données détaillées afin de produire et de consigner les résultats;
- les données relatives aux facteurs ayant une influence sont déduites des statistiques portant sur les années antérieures. Les valeurs pour les années à venir sont extrapolées à partir de ces statistiques;
- la pondération de chaque facteur ayant une influence peut être déterminée au moyen d'études et/ou d'autres données de recherche (comme l'évaluation d'études externes, des rapports techniques ainsi que des données publicitaires);
- cette méthode permet de déterminer immédiatement les éventuels effets des modifications des facteurs ayant une influence par rapport aux résultats de prévision;
- la méthode analytique ne nécessite pas forcément de disposer d'informations étendues en provenance d'autres sources que les organisations de gestion du spectre et elle peut être appliquée au moyen des statistiques existantes;
- la méthode analytique, détaillée et exhaustive, utilisant des statistiques fiables, produit un résultat relativement objectif.

3.2 Étapes du développement de l'approche analytique

L'approche analytique se compose des étapes suivantes:

Étape 1: une analyse approfondie de la situation actuelle;

Étape 2: la formulation d'hypothèses logiques au sujet des facteurs (voir l'Annexe 1 du Chapitre 1);

Étape 3: l'élaboration des scénarios possibles:

- un scénario fiable indiquant les éventuels éléments d'incertitude et leurs raisons sous-jacentes;
- d'autres scénarios, centrés sur les facteurs d'incertitude les plus importants;

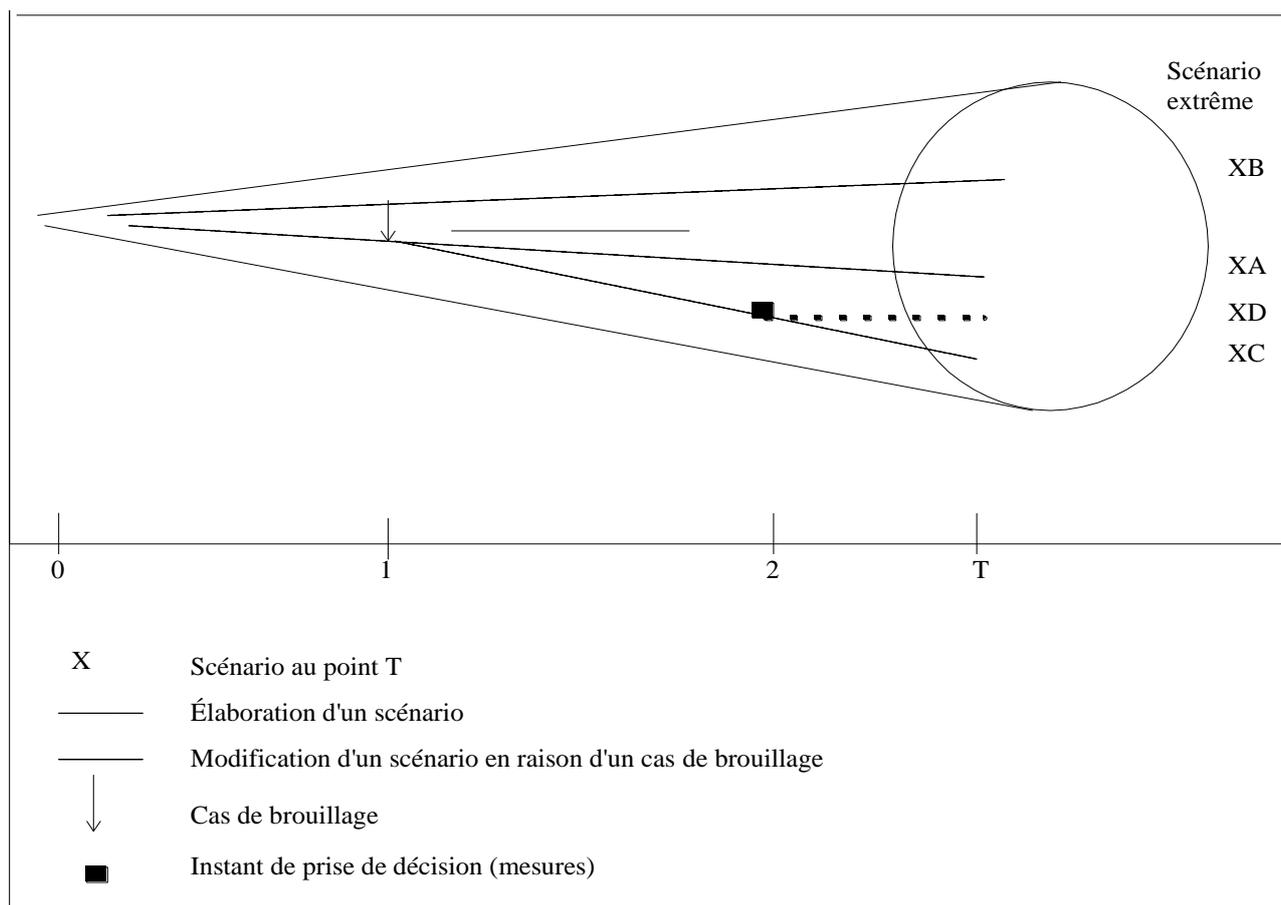
Étape 4: l'évaluation des scénarios:

- les scénarios sont évalués quant à leur représentativité, quant à la validité des facteurs et quant à leurs risques, avantages et priorités propres;

Étape 5: présentation d'un ensemble de conclusions finales.

La Figure 4 décrit plus précisément l'élaboration des scénarios mentionnées à l'Étape 3. Le cône représente l'étendue des évaluations possibles dans le temps et illustre les caractéristiques des scénarios.

FIGURE 4
Élaboration des scénarios



Les développements à court terme sont largement déterminés par le présent (à l'exclusion des événements imprévisibles). Plus on avance dans le temps, plus la gamme des développements possibles s'élargit, ce qui est montré par le cône. Le diamètre de la base du cône est déterminé par le nombre de facteurs variables pris en compte. Tous les axes de développement possible dans la période de 0 à T aboutissent à la base. Certains de ces axes sont décrits par des scénarios: il n'est ni possible ni rentable d'étudier tous les axes imaginables dans tous les scénarios. Les scénarios A et B représentent deux axes moyens qui tiennent compte de tous les facteurs. Si un événement se produit à l'instant 1 et interfère avec l'axe, celui-ci s'infléchira et aboutira au point C. Si la décision est prise à l'instant 2, l'axe s'infléchira de nouveau et aboutira au point D.

3.3 Utilisation de la technique analytique dans le processus de planification des besoins de spectre à long terme

La technique analytique peut être considérée comme un modèle pouvant être transformé en programme informatique ou être analysé manuellement.

Par exemple, l'Autorité législative allemande pour les Postes et Télécommunications a établi un scénario particulier pour les tendances du nombre d'utilisateurs des systèmes UMTS jusqu'en 2010. Ce scénario établissait une distinction entre utilisateurs privés et utilisateurs professionnels.

Trois facteurs principaux, ayant une incidence sur les nombres d'utilisateurs privés, ont été relevés:

- tendance des revenus;
- répartition des âges;
- dimension du foyer.

Ces facteurs ont été déterminés au moyen de documents de l'Office fédéral des statistiques. Ils ont ensuite été combinés avec des données relatives aux tendances des prix et tarifs des communications mobiles, à la répartition du pouvoir d'achat de la population selon ses plages d'âge, aux activités de loisir et à l'augmentation du nombre de petits foyers (double revenu sans enfants). Ces données ont été déduites d'analyses et recherches antérieures, de la littérature technique et de statistiques démographiques.

Le nombre maximal possible d'utilisateurs professionnels a été déterminé compte tenu du nombre (et des tendances d'évolution de ce nombre) de véhicules employés professionnellement ou appartenant à des entreprises. Le nombre d'utilisateurs potentiels prévu en 2010 a été déterminé après soustraction d'un certain pourcentage afin de tenir compte des utilisateurs mixtes, c'est-à-dire des personnes faisant usage des systèmes UMTS aussi bien à titre privé qu'à titre professionnel.

Ces données d'utilisation ont servi à établir un modèle de trafic qui a finalement abouti à une projection des besoins de spectre pour les systèmes UMTS en 2010, compte tenu de facteurs techniques ayant une influence comme la largeur de bande du système, l'espacement de ses canaux, le rayon cellulaire et la configuration des cellules.

Si un scénario a été élaboré antérieurement, on peut le comparer aux données actuelles afin d'en confirmer l'exactitude ou de le réviser, le cas échéant.

Chapitre 3

Procédures appropriées pour la transition entre objectifs actuels et objectifs à long terme d'utilisation du spectre

1 Détermination des objectifs de gestion du spectre à long terme

La détermination des objectifs de gestion du spectre à long terme doit normalement prendre en compte la maximisation de l'utilisation du spectre radioélectrique par divers procédés techniques et opérationnels qui sont actuellement connus ou à l'étude. Ces objectifs devront tenir compte du potentiel de croissance des services radioélectriques existants ainsi que de l'introduction et de la croissance d'applications et de services nouveaux. Il conviendra par ailleurs de prendre en compte les modifications d'utilisation du spectre par l'industrie locale et par le grand public, les modifications technologiques ainsi que les facteurs techniques et non techniques qui sont décrits dans l'Annexe 1 du Chapitre 1.

Les objectifs de gestion du spectre à long terme peuvent être rapidement décrits comme suit: inciter au développement et à l'utilisation du spectre radioélectrique afin de prendre en charge les environnements technologique, social, politique et économique évolutifs, pour le plus grand bénéfice net de chacun.

Les objectifs à long terme devront comporter des contributions issues du (des) gouvernement(s), de l'industrie locale et, dans le secteur industriel, d'organisations grandes et petites ainsi que d'un certain nombre de lieux géographiques.

2 Évaluation du processus actuel de gestion du spectre

Cette évaluation devra comporter une étude portant sur le processus national actuel de gestion du spectre afin de déterminer ses points faibles et ses points forts, tels qu'ils sont perçus par l'industrie et par le gouvernement. Le résultat de cette évaluation formera la base de l'élaboration de nouvelles stratégies de gestion du spectre à long terme (on trouvera un exemple dans l'Annexe 1 du présent Chapitre).

3 Procédures transitoires

La mise en place du processus de gestion du spectre à long terme dépend du choix précis de stratégies permettant d'atteindre les objectifs de gestion du spectre à long terme. Ces stratégies seront ensuite intégrées dans un plan national d'utilisation du spectre à long terme. On trouvera ci-dessous une liste des principales procédures transitoires d'utilisation du spectre et des principales stratégies de gestion du spectre à long terme.

3.1 Incitation à l'utilisation efficace du spectre

La transition de l'utilisation actuelle du spectre aux objectifs à long terme peut être effectuée au moyen de techniques et procédures évoluées d'ingénierie du spectre. Les fournisseurs de services devront être incités à faire appel à de telles techniques et procédures, par exemple grâce à des droits de licence réduits ou fixes. Les procédures transitoires examinées ici sont les suivantes.

3.1.1 Utilisation efficace de nouvelles technologies pour améliorer la réutilisation des fréquences

On peut définir la réutilisation des fréquences comme étant le nombre de fois que l'on peut utiliser la même fréquence dans une zone géographique donnée sans qu'aucun utilisateur de la fréquence en subisse des effets préjudiciables. La coordination des fréquences est généralement l'une des questions déterminantes concernant la technique de réutilisation. Une utilisation efficace du spectre peut être assurée par l'emploi de techniques évoluées d'ingénierie afin d'augmenter le taux de réutilisation des fréquences; de réduire la largeur des canaux; d'améliorer les techniques de codage et de modulation; d'améliorer les stratégies d'accès; d'améliorer le partage de bande sans brouillages; d'introduire de nouveaux critères de partage du spectre; de mettre au point des stratégies d'assignation des fréquences et des modèles d'utilisation du spectre; et par l'emploi d'autres techniques d'ingénierie et d'exploitation.

Les approches techniques concernant la réutilisation des fréquences et les partages de système entre services sont bien connues. Dans ses chapitres sur les pratiques d'ingénierie du spectre et d'utilisation du spectre, la version de 2015 du Manuel de l'UIT sur la gestion nationale du spectre traite de ces sujets y compris les mesures d'utilisation et d'efficacité d'utilisation du spectre lorsque ces méthodes sont mises en œuvre. Par ailleurs, ce Manuel traite de techniques telles que les compensateurs de brouillage, les écrans antibrouillage, les antennes à réflecteur d'ondes millimétriques et les antennes adaptatives pour services mobiles terrestres. Ces questions ne seront pas reprises ici.

3.1.2 Dédoublage des canaux

Cette technique consiste à augmenter l'efficacité d'utilisation du spectre en replanifiant les bandes de fréquences existantes au moyen de canaux de moindre largeur. Le dédoublement des canaux implique l'emploi de techniques d'utilisation plus efficace du spectre ainsi que l'introduction de nouvelles normes techniques et opérationnelles. Les procédures de dédoublement des canaux doivent tenir compte du fait que le spectre dont la replanification est envisagée se trouve habituellement en usage intensif. Plusieurs autres éléments doivent être analysés et pris en considération lors de la mise au point d'un plan de dédoublement des canaux, comme les suivants:

- continuité du service: la redistribution doit être effectuée sans interruption du service;
- coûts: une approche progressive doit permettre de réduire les coûts supportés par les utilisateurs du spectre;
- compatibilité: un certain degré de rétrocompatibilité et d'interopérabilité est essentiel lorsque l'on envisage d'améliorer les caractéristiques fonctionnelles et la capacité au moyen de la nouvelle technologie;
- risque: un compromis doit être trouvé entre les politiques d'extension de capacité et les besoins de l'utilisateur en termes de solutions à faible risque;
- harmonisation: il est nécessaire d'assurer, dans la mesure du possible, l'harmonisation avec les pays voisins et avec les autres pays.

3.1.3 Redéploiement du spectre

Un plan d'utilisation du spectre peut, dans certains cas et selon des décisions à long terme appropriées, entraîner un redéploiement des services, auquel cas les utilisateurs existants d'une bande de fréquences pourraient devoir passer à de nouvelles technologies ou à de nouvelles bandes de fréquences. Un redéploiement peut s'avérer nécessaire pour plusieurs raisons:

- une attribution peut être en service depuis un temps considérable, au point de ne plus répondre aux exigences des utilisateurs ou aux capacités des systèmes d'aujourd'hui;
- une attribution doit être faite à un nouveau service de radiocommunication à l'intérieur d'une gamme de fréquences précise, mais les fréquences en question sont occupées par des services avec lesquels le nouveau service ne saurait coexister; ou
- une Conférence mondiale des radiocommunications a pu décider d'attribuer une bande de fréquences occupée à un service différent sur le plan régional ou mondial.

3.1.4 Partage entre services et partage de bandes de fréquences

Un partage efficace des bandes de fréquences entre un certain nombre de services peut jouer un rôle notable pour réduire la demande en nouvelles fréquences. La définition des bandes actuellement et ultérieurement partagées est essentielle.

Le concept de services large bande partageant une bande de fréquences avec des services à bande étroite est une approche prometteuse pour réduire la demande en spectre supplémentaire. Ce concept s'adresse à des situations dans lesquelles, en raison des caractéristiques d'un procédé de modulation donné ou de paramètres de système donnés, des services hertziens ont la possibilité d'utiliser une même bande de fréquences sans se causer mutuellement de brouillages préjudiciables. Cette approche est appelée partage entre services.

Un exemple concret de partage entre services est la capacité de systèmes à étalement du spectre d'interfonctionner efficacement avec des systèmes conventionnels. Des techniques telles que l'accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence (AMROF), l'accès multiple par répartition en code (AMRC) et l'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) sont couramment utilisées dans le cadre de systèmes de partage. Le partage entre systèmes doit être envisagé au cas par cas avec les protocoles et architectures relevant particulièrement des services susceptibles de se brouiller mutuellement, que l'on analyse spécifiquement. Pour le partage de fréquences, des stratégies d'attribution des fréquences et des modèles d'utilisation du spectre peuvent être requis.

3.1.5 Radiosystèmes partagés

Un certain nombre d'organisations peuvent utiliser en partage un même radiosystème au lieu d'exploiter chacune leur propre système. Une technique doit permettre de créer les barrières de sécurité nécessaires entre les fonctions de différents utilisateurs et pour attribuer les priorités de façon transparente. Cela implique un mécanisme permettant de déterminer et de prendre en compte les

différents profils de chargement de chaque service sur le système partagé, afin de maximiser la capacité de partage. Le partage d'un radiosystème par un certain nombre d'organisations (police, pompiers, ambulances) offre la possibilité d'améliorer notablement l'utilisation du spectre radioélectrique, en particulier dans les zones encombrées en termes de fréquences disponibles. Ce partage réduira également le coût du radiosystème.

3.1.6 Utilisation du spectre vacant

Le manque de ressources financières ou matérielles, ou les avantages économiques d'un blocage de l'utilisation du spectre par d'autres entités se traduit actuellement par le fait que certains titulaires de licence n'utilisent pas les fréquences qui leur ont été assignées. Des politiques, des règlements et des programmes devraient viser à minimiser la faible utilisation par les titulaires de licence des fréquences qui leur ont été assignées. On pourra parvenir à ce résultat en pénalisant, par exemple, la non-utilisation de fréquences assignées, éventuellement par retrait de la licence.

Des politiques, règlements et programmes devraient également inciter à déplacer le service vers les bandes millimétriques (> 40 GHz), en particulier pour les services exigeant des fréquences exclusives et/ou pour les applications à large bande. Le spectre radioélectrique au-dessus de 40 GHz est actuellement sous-utilisé. Ce segment spectral offre la possibilité de faire fonctionner des services à très large bande et de réutiliser un grand nombre de fréquences grâce à la réduction des dimensions des cellules à ces fréquences très élevées. Ce segment spectral offre également plusieurs avantages de mise en œuvre, comme des antennes plus petites, des faisceaux plus étroits, des matériels de dimensions et de masse plus faibles, et des installations ou reconfigurations plus aisées.

3.1.7 Utilisation des réseaux filaires en complément

Les réseaux filaires peuvent être utilisés à la place des réseaux hertziens pour diminuer la demande de spectre, surtout dans les zones encombrées et pour les applications large bande. Les politiques et règlements devraient être élaborés de façon à faciliter l'emploi de techniques évoluées pour réseau intelligent afin d'obtenir des interfaces transparentes entre distribution filaire et liaisons hertziennes à courte distance.

3.2 Amélioration de la flexibilité d'utilisation du spectre

Un programme de gestion du spectre à long terme devrait être conçu dès le départ de façon à assurer la flexibilité des stratégies et de l'attribution de leurs priorités. Un tel programme devrait:

- assurer la flexibilité des services, c'est-à-dire l'utilisation du spectre radioélectrique de façon à fournir tout service (voix, données, images, etc.) sous réserve des limitations techniques de la bande de fréquences concernée;
- assurer la flexibilité technique, c'est-à-dire l'utilisation de toute technique permettant de fournir le service, sous réserve des limitations dues au brouillage;
- introduire des politiques ou règlements flexibles et non normatifs afin de tenir compte des innovations et des tendances du marché. Les politiques et règlements devront avoir la flexibilité nécessaire pour répondre aux modifications des besoins sociaux, économiques et techniques.

À titre d'exemple de programme favorisant la flexibilité d'utilisation du spectre, l'on peut citer le concept d'octroi de licence pour une plage spectrale, habituellement d'une largeur de plusieurs mégahertz. Une telle licence est octroyée à un utilisateur sur une base géographique. Le titulaire de la licence prend la responsabilité de l'ingénierie du système et de la coordination des fréquences, tant aux limites de la zone faisant l'objet de la licence qu'à l'intérieur de cette zone lorsque le spectre est partagé avec d'autres titulaires de licence. L'octroi de licence pour une large plage de fréquences plutôt que pour des canaux individuels permet de mieux utiliser le spectre radioélectrique.

3.3 Maximisation des avantages sociaux et économiques pouvant être obtenus par une gestion du spectre appropriée

La gestion du spectre joue un rôle majeur dans la croissance du bien-être social et économique du pays car elle maximise l'utilisation du spectre par les applications hertziennes. Il est fortement souligné que le profit économique ainsi obtenu doit être utilisé dans un contexte large et non pas dans le sens d'une simple augmentation des recettes tirées des licences. La mise en œuvre de ce concept peut être réalisée au cours du processus d'octroi de licences qui:

- garantit l'utilisation de la meilleure gamme de fréquences disponible en fonction de l'application, avec la meilleure efficacité permise par la technologie;
- incite à une saine concurrence entre fournisseurs de services;
- se traduit par une plus grande densité d'utilisation dans les attributions de service au moyen de techniques d'utilisation efficace du spectre, de réutilisation des fréquences, de modèles améliorés de planification des fréquences, de critères améliorés de partage et de meilleures projections de densité du trafic;
- incite à l'entrée sur le marché de nouveaux services hertziens;
- identifie, quantifie (dans la mesure du possible) et maximise les avantages sociaux attribuables à la stratégie considérée d'octroi de licences.

Les politiques, règles, normes et campagnes de gestion du spectre à long terme devraient être flexibles, efficaces, stratégiques, non normatives et neutres en termes de technologie et de service. L'attention devra être portée sur les conséquences des effets néfastes pour la santé, perçus ou constatés, de l'utilisation du spectre. Des plans devront être mis en place afin de sensibiliser le public de manière précise et efficace sur ces questions.

3.4 Vérification que le spectre est utilisé dans toutes les régions du pays où il est nécessaire

Les grandes villes ont tendance à recevoir un plus haut degré de priorité de la part des fournisseurs de services, alors que les villes plus petites et les régions moins peuplées sont mal desservies. L'utilisation du spectre dans toutes les régions du pays, y compris les villes et agglomérations assez petites, peut être effectuée en examinant ce qui peut être réalisé en intégrant ce thème dans le processus d'octroi de licences.

3.5 Mise en place d'une équipe spécialisée et mise au point des outils appropriés d'ingénierie du spectre

Il faut mettre au point des politiques et campagnes appropriées à la formation de l'équipe nationale de gestion du spectre, ainsi qu'à la conservation de sa qualité et de ses compétences. Il conviendra de doter cette équipe des plus récents outils, particulièrement en termes de systèmes automatisés et d'aides informatiques, lui permettant de traiter efficacement les demandes d'octroi de licences et les analyses de brouillage pour les technologies existantes et nouvelles.

Des investissements devront également être consentis pour la recherche et le développement en matière de gestion du spectre, afin d'atteindre l'objectif d'utilisation du spectre à long terme.

Annexe 1 du Chapitre 3

Exemple relatif aux procédures d'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre en Corée (Rép. de)

1 Introduction

Dans un contexte d'augmentation de la demande de spectre, l'obtention rapide de ressources spectrales devient une nécessité. Malgré les recherches et analyses régulières menées par de nombreux pays en ce qui concerne la situation actuelle de l'utilisation du spectre, il a été difficile d'établir une politique adéquate tenant compte, de manière exhaustive, de l'offre et de la demande futures, en raison des limites des analyses fragmentaires et qualitatives. Par conséquent, certains pays ont appliqué récemment une méthode permettant d'identifier des bandes envisageables et d'évaluer leur degré de priorité, afin d'obtenir des fréquences radioélectriques de manière systématique dans le processus de planification à long terme.

Depuis 2019, la Corée (République de) utilise un système d'évaluation visant à améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre dans le cadre de la détermination de stratégies nationales à long terme, afin de répondre à la demande de spectre en forte croissance et de trouver des fréquences radioélectriques conformément aux principes scientifiques.

Les résultats de la procédure visant à évaluer la situation de l'utilisation du spectre en tenant compte de différents facteurs pour chaque bande de fréquences, qui a pour but de définir des objectifs de préservation, sont rendus publics via le «Système de prévision du redéploiement du spectre» afin de présenter à l'avance l'échéancier et les mesures de préservation qui seront appliqués.

2 La procédure d'évaluation

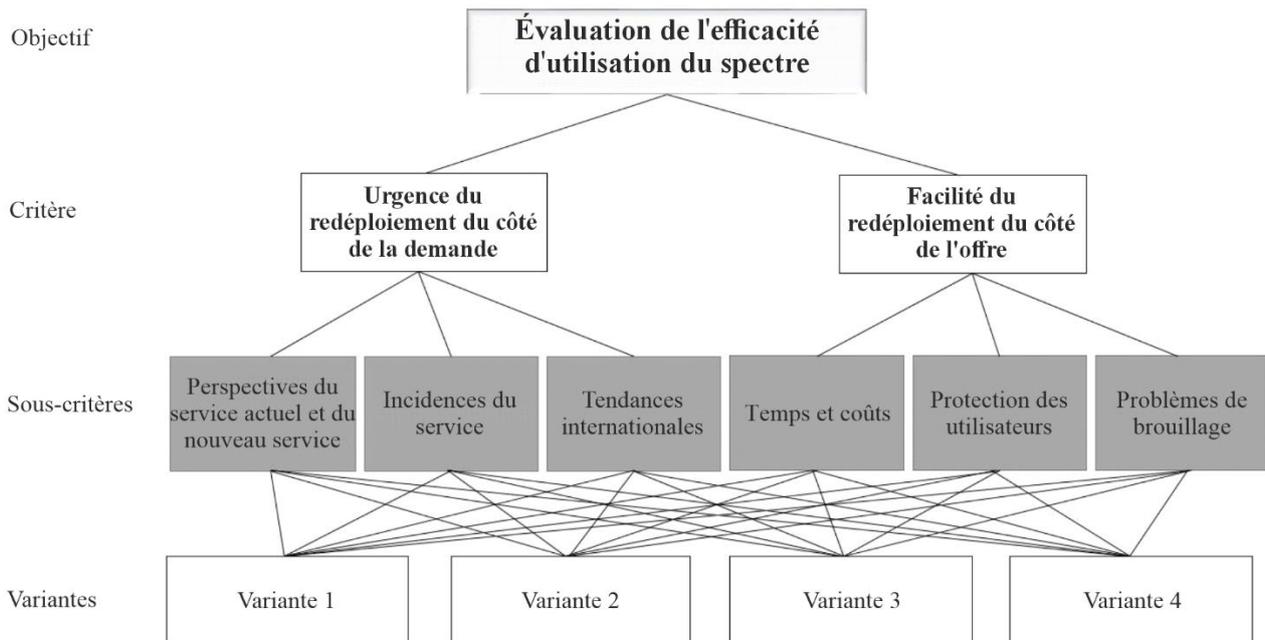
Toutes les bandes de fréquences sont réparties entre trois catégories, à savoir les bandes de fréquences basses (au-dessous de 3 GHz), moyennes (entre 3 et 10 GHz) et élevées (au-dessus de 10 GHz), et les bandes de l'une de ces trois catégories sont évaluées chaque année, étape par étape. La procédure d'évaluation a été exécutée dans l'ordre suivant: auto-évaluation → évaluation consultative → commission d'évaluation → avis des parties prenantes → prévision et notification des indications.

Les critères d'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre reposent sur des articles de la loi sur les ondes radioélectriques, et une matrice à quatre niveaux pour l'évaluation des priorités a été proposée, en tenant compte à la fois de l'urgence de la demande et de la facilité à fournir du spectre.

Hiérarchiser les différentes variantes n'est pas chose aisée, car les différents critères ne sont pas proportionnels les uns par rapport aux autres, et les arbitrages entre les critères devraient être évalués en cas de conflit entre ces derniers. Par conséquent, dans ce type d'évaluation visant à faire un choix entre des variantes, le processus de hiérarchie analytique (AHP), qui fait partie des processus de prise de décision impliquant de multiples critères, est applicable. Le processus AHP offre un cadre global et rationnel permettant de structurer des problèmes décisionnels, de représenter et de mesurer ses éléments, de mettre en relation ces éléments avec des objectifs généraux et d'évaluer des solutions alternatives.

FIGURE 5

Processus de sélection de critères d'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre (AHP)



L'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre repose sur l'utilisation de plusieurs critères portant sur l'offre et la demande. Du côté de la demande, on tente d'évaluer les perspectives qu'offrirait de nouveaux services et la quantité demandée sur la base du service actuel et de la situation de la demande, les niveaux à partir desquels il est nécessaire d'agir pour améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre, et la concordance avec les normes internationales et les tendances dans les grands pays, afin de définir le caractère urgent du redéploiement. À titre de comparaison, du côté de l'offre, afin d'évaluer la facilité du redéploiement, on utilise comme critères d'évaluation le temps et les coûts nécessaires, la possibilité d'appliquer des mesures de protection des utilisateurs et la possibilité de résoudre les problèmes de brouillage.

TABLEAU 2

Critères d'évaluation

Aspect	Facteur	Critères d'évaluation	Méthode
Analyse de la demande	Taux d'utilisation des services existants	Tendances des chiffres des stations de radiocommunication	Quantitative
		Degré d'évolution technologique	Qualitative
		Incidences économiques	Qualitative
		Intérêt social et public	Qualitative
	Demande potentielle de nouveaux services	Indicateurs techniques	Qualitative
		Indicateurs de l'écosystème	Qualitative
	Demande réelle de nouveaux services	Plan d'utilisation du spectre	Quantitative
		Situation de la demande intérieure soulevée	Quantitative
		Incidences économiques	Qualitative
		Intérêt social et public	Qualitative
Sous-total du score du niveau de la demande de services (Y)			

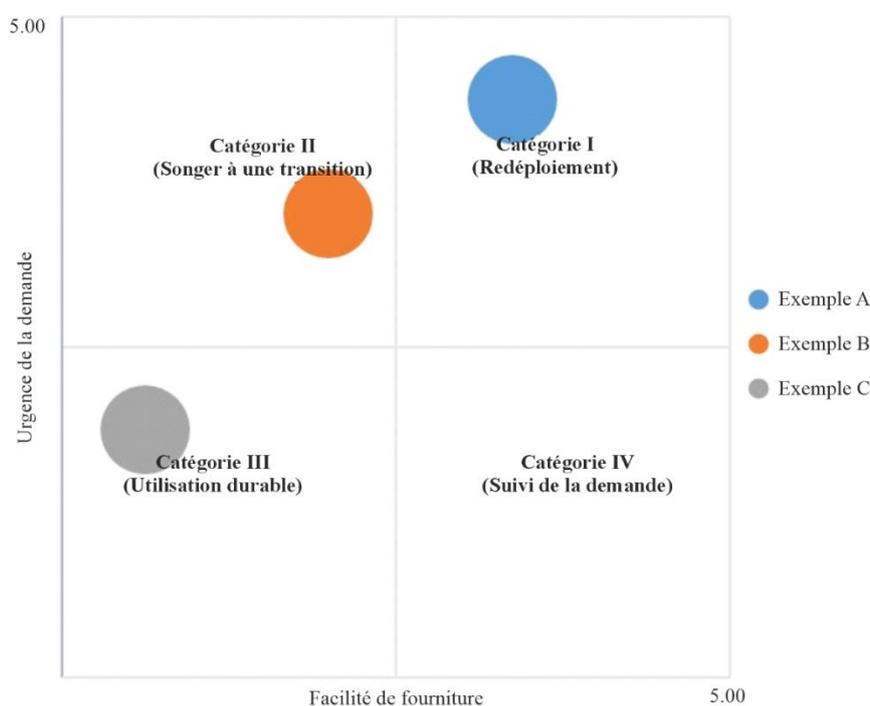
TABLEAU 2 (fin)

Aspect	Facteur	Critères d'évaluation	Méthode
Possibilité de fournir du spectre	Taux d'inutilisation du spectre	Taux d'inutilisation sur le territoire	Quantitative
		Taux d'inutilisation dans les grandes villes	Quantitative
	Possibilité d'obtenir du spectre	Disponibilité d'autres bandes de fréquences	Quantitative
		Possibilité de préservation du spectre	Qualitative
		Coût de la transition vers une variante	Qualitative
	Autres considérations	Acceptabilité des utilisateurs existants	Qualitative
Importance de l'intérêt du public pour de nouveaux usages		Qualitative	
Sous-total du score de la possibilité de fournir du spectre (X)			
Total (X,Y)			

Les résultats de l'évaluation pour chaque bande sont présentés dans le graphique visant à classer les priorités de redéploiement dans quatre catégories. L'axe vertical représente le niveau de la demande pour un service (de 0 à 5) et l'axe horizontal représente la facilité à fournir du spectre (de 0 à 5). Si la bande de fréquences évaluée se situe dans le premier carré (Catégorie I), du spectre sera redéployé pour améliorer l'efficacité d'utilisation de celui-ci; si elle se trouve dans le deuxième carré (Catégorie II), il sera prévu d'interdire l'octroi de nouvelles licences et d'examiner des mesures d'efficacité à long terme. Si la bande de fréquences se trouve dans le troisième carré (Catégorie III), celle-ci sera utilisée en continu; enfin, si elle se trouve dans le quatrième carré (Catégorie IV), des mesures visant à favoriser l'utilisation des services existants ou à trouver de nouveaux débouchés seront mises en œuvre.

FIGURE 6

Exemple de résultats d'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre

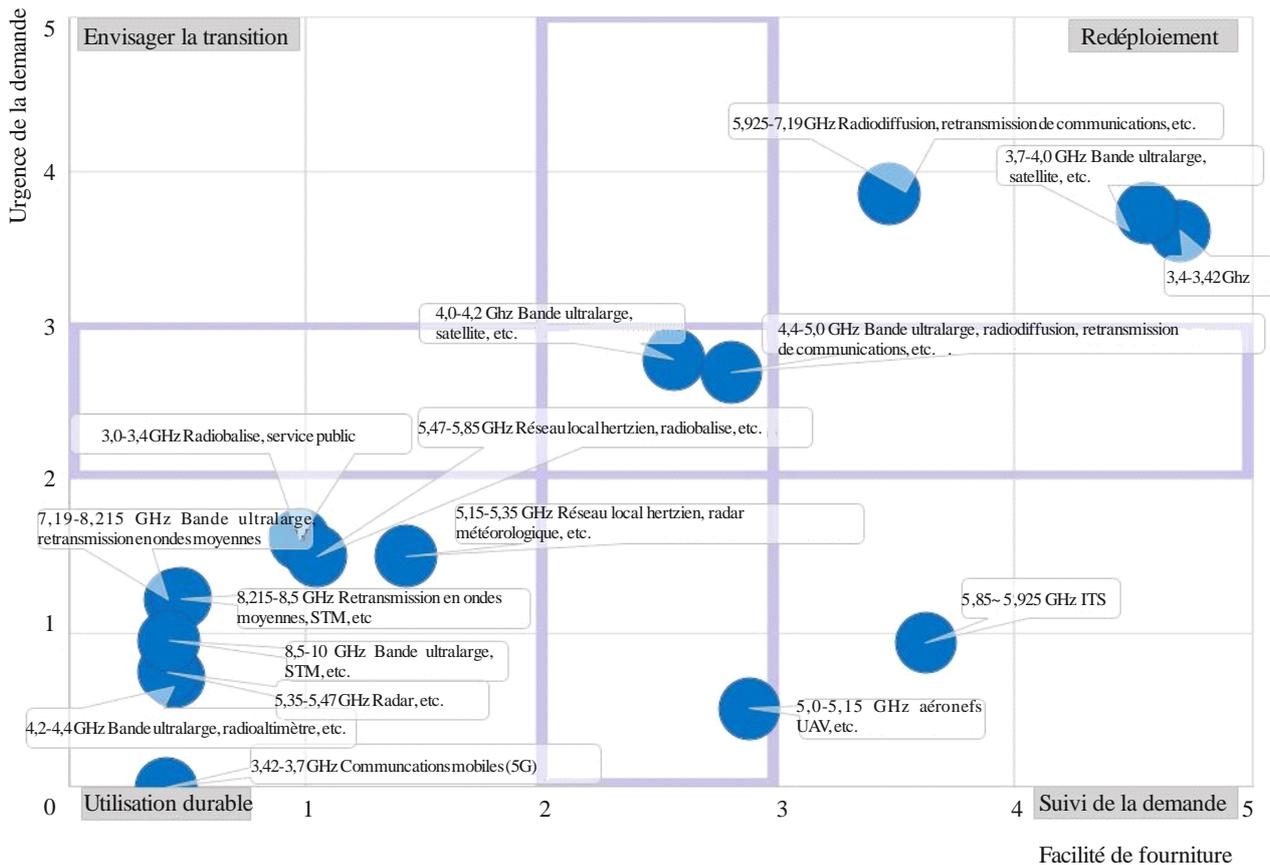


3 Cas d'évaluation concrets

L'évaluation menée en 2020 a porté sur les bandes de fréquences moyennes (de 3 à 10 GHz) au moment où la demande de fréquences augmentait rapidement au niveau international, par exemple pour la 5G et le WiFi. Il est ressorti de l'évaluation qu'il était nécessaire de réattribuer du spectre dans les bandes de fréquences 3,7~4,0 GHz/3,42 GHz/6 GHz; en outre, il existe dans certains pays une demande réelle de fréquences, par exemple pour la 5G et le WiFi, à laquelle il est possible de répondre en redéployant du spectre. De plus, il est nécessaire d'activer l'utilisation de la bande de fréquences 5,85~5,925 GHz pour les systèmes de transport intelligents (STI), car la demande nouvelle est faible, et le service existant est sous-utilisé. Il est ressorti de l'évaluation que la bande des 8 GHz, qui se caractérise par une faible demande pour de nouveaux services et une faible possibilité de pouvoir proposer des bandes de remplacement en raison de la saturation des services existants, était une bande qui continuait d'être utilisée.

Afin de donner suite aux résultats de l'évaluation, le système de prévision du redéploiement du spectre a été mis en œuvre pour les bandes de fréquences allant de 3,7 à 4,0 GHz (y compris de 3,4 à 3,42 GHz)/6 GHz, pour lesquelles un redéploiement de spectre est nécessaire, selon l'évaluation. Grâce au système de prévision, les utilisateurs existants, les fabricants de dispositifs et les vendeurs ont été informés de la mise en place de plans administratifs, tels que des tableaux d'attribution de bandes de fréquences et de fiches de notification connexes, ainsi que de mesures relatives aux utilisateurs visant à appliquer une indemnisation en cas de perte provoquée par le redéploiement de spectre.

FIGURE 7
Résultats de l'évaluation de l'efficacité d'utilisation du spectre (2020)



4 Contre-mesures et effets attendus selon les résultats de l'évaluation

En fonction des résultats de l'évaluation, l'autorité de réglementation peut modifier ses stratégies nationales à long terme pour l'utilisation du spectre, et les parties prenantes peuvent élaborer des contre-mesures visant les bandes qu'elles utilisent ou qu'elles comptent utiliser à l'avance. Ce système d'évaluation devrait pouvoir contribuer à obtenir du spectre dans les meilleurs délais, à protéger convenablement les utilisateurs existants et à stimuler de nouvelles activités économiques reposant sur le spectre.

TABLEAU 3

Exemples de politiques publiques et de contre-mesures appliquées par les parties prenantes en fonction des résultats de l'évaluation

	Politique publique	Contre-mesures des parties prenantes
Catégorie I	Amélioration de l'efficacité par le retrait et la réattribution de fréquences radioélectriques, modification de normes techniques, etc.	Préparation de nouveaux services, mise au point d'équipements, etc.
Catégorie II	Suspension des nouvelles autorisations, notification (éventuelle) de mise en œuvre de mesures d'amélioration de l'efficacité, plan d'exécution de l'amélioration de l'efficacité, consultation des parties prenantes, etc.	Suspension des nouveaux investissements dans les installations existantes, transfert des abonnés, préparation de la mise au point des équipements, etc.
Catégorie III	Suivi des nouvelles demandes de fréquences radioélectriques et des nouveaux usages de celles-ci, extraction de spectre.	Utilisation durable.
Catégorie IV	Suivi des nouvelles demandes et des découvertes de fréquences radioélectriques, action en faveur de l'amélioration de l'efficacité en cas d'émergence de nouvelles demandes.	Présentation de demandes de nouvelles fréquences radioélectriques, mise en avant de nouvelles technologies et du lancement de services, etc.

Liste d'abréviations

AHP	processus de hiérarchie analytique (<i>analytic hierarchy process</i>)
AMRC	accès multiple par répartition en code (<i>code division multiple access</i>)
AMRF	accès multiple par répartition en fréquence (<i>frequency division multiple access</i>)
AMROF	accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence (<i>aeronautical radio navigation service</i>)
AMRT	accès multiple par répartition dans le temps (<i>time division multiple access</i>)
ITS	système de transport intelligent (<i>intelligent transportation system</i>)
LSA	accès partagé sous licence (<i>licensed shared access</i>)
MIMO	entrées multiples, sorties multiples (<i>multiple-input multiple-output</i>)
RFID	identification par radiofréquence (<i>radio frequency identification</i>)
SRD	dispositif à courte portée (<i>short-range device</i>)

SRNA service de radionavigation aéronautique

UMTS système de télécommunications mobiles universelles (*universal mobile telecommunications system*)
