

QUESTION 11-1/2

Etude des technologies et des systèmes de radiodiffusion numérique, y compris sous l'angle d'analyses coût/avantage, de l'interopérabilité des systèmes numériques de Terre avec les réseaux analogiques existants et des méthodes assurant la transition entre techniques analogiques de Terre et techniques numériques



UIT-D

COMMISSION D'ÉTUDES 2 3^e PÉRIODE D'ÉTUDES (2002-2006)

*Rapport sur la
Question 11-1/2
pour 2005*



Union
internationale des
télécommunications

LES COMMISSIONS D'ÉTUDES DE L'UIT-D

Les Commissions d'études de l'UIT-D ont été créées aux termes de la Résolution 2 de la Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT) organisée à Buenos Aires, Argentine, en 1994. Pour la période 2002-2006, la Commission d'études 1 est chargée d'examiner sept Questions dans le domaine des stratégies et politiques de développement des télécommunications. La Commission d'études 2 est, elle, chargée d'étudier onze Questions dans le domaine du développement et de la gestion des services et réseaux de télécommunication. Au cours de cette période, pour permettre de répondre dans les meilleurs délais aux préoccupations des pays en développement, les résultats des études menées à bien au titre de chacune de ces deux Questions sont publiés au fur et à mesure au lieu d'être approuvés par la CMDT.

Pour tout renseignement

Veillez contacter:

Mme Fidélia AKPO
Bureau de Développement des Télécommunications (BDT)
UIT
Place des Nations
CH-1211 GENÈVE 20
Suisse
Téléphone: +41 22 730 5439
Fax: +41 22 730 5884
E-mail: fidelia.akpo@itu.int

Pour commander les publications de l'UIT

Les commandes ne sont pas acceptées par téléphone. Veillez les envoyer par télécopie ou par e-mail.

UIT
Service des ventes
Place des Nations
CH-1211 GENÈVE 20
Suisse
Fax: +41 22 730 5194
E-mail: sales@itu.int

La Librairie électronique de l'UIT: www.itu.int/publications

QUESTION 11-1/2

Etude des technologies et des systèmes de radiodiffusion numérique, y compris sous l'angle d'analyses coût/avantage, de l'interopérabilité des systèmes numériques de Terre avec les réseaux analogiques existants et des méthodes assurant la transition entre techniques analogiques de Terre et techniques numériques

UIT-D COMMISSION D'ÉTUDES 2 3^e PÉRIODE D'ÉTUDES (2002-2006)

***Rapport sur la
Question 11-1/2
pour 2005***

DÉNI DE RESPONSABILITÉ

Le présent rapport a été préparé par un grand nombre de volontaires provenant de diverses Administrations et entreprises. La mention de telle ou telle entreprise ou tel ou tel produit n'implique aucune approbation ni recommandation de la part de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Chapitre I – Introduction	1
1.1 Radiodiffusion sonore numérique.....	1
1.2 Radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre.....	2
1.3 Travaux de l'UIT.....	4
Chapitre II – Aspects techniques.....	9
2.1 Introduction.....	9
2.1.1 Radiodiffusion sonore numérique.....	9
2.1.2 Radiodiffusion vidéonumérique.....	9
2.1.3 Radiodiffusion de données.....	10
2.2 Radiodiffusion sonore numérique hertzienne.....	10
2.2.1 Introduction.....	10
2.2.2 Radiodiffusion à modulation d'amplitude dans les bandes d'ondes décamétriques.....	11
2.2.3 Radiodiffusion sonore numérique dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques.....	16
2.3 Radiodiffusion vidéonumérique hertzienne.....	18
2.3.1 Introduction.....	18
2.3.2 Le système ATSC.....	19
2.3.3 Le système DVB-T.....	21
2.3.4 Le système RDNIS-T.....	22
2.3.5 Conclusions.....	23
2.4 Radiodiffusion numérique filaire.....	30
2.5 Convergence et interactivité.....	32
2.5.1 Diffusion de données fondée sur la radiodiffusion numérique. Internet fondé sur les méthodes de carrousel/web.....	32
2.5.2 Types de canaux de retour par voie hertzienne de Terre et de moyens permettant de fournir un canal de retour hertzien.....	51
2.5.3 Nouvelles technologies émergentes.....	58
Chapitre III – Modalités de la transition de la radiodiffusion par voie hertzienne de terre de l'analogique au numérique.....	67
3.1 Aspects juridiques et réglementaires.....	67
3.1.1 Aspects réglementaires concernant la période de transition.....	67
3.1.2 Cadre réglementaire.....	67
3.1.3 Une norme mondiale ou plusieurs normes.....	68
3.2 Aspects techniques.....	69
3.2.1 Méthodes de mise en œuvre de la radiodiffusion numérique par voie hertzienne de Terre.....	69
3.2.2 Radiodiffusion vidéonumérique.....	75
3.3 Aspects économiques.....	81
3.3.1 Radiodiffusion télévisuelle de Terre.....	81
3.3.2 Radiodiffusion de Terre.....	87
Chapitre IV – Résumé des résultats de la CRR-04.....	91
4.1 Introduction.....	91
4.2 Principaux résultats.....	91
Chapitre V – Conclusions.....	93
5.1 Considérations touchant à la réglementation.....	93
5.2 Efficacité d'utilisation du spectre radioélectrique.....	94
5.3 Spécifications concernant les services de radiodiffusion.....	95

	<i>Page</i>
5.3.1	Aspects réseau 95
5.3.2	Caractéristiques des récepteurs..... 95
5.4	Aspects liés à l'interopérabilité des systèmes..... 96
5.4.1	Réception numérique..... 96
5.4.2	Mesure d'encouragement en faveur du déploiement des récepteurs numériques 96
5.4.3	Information des consommateurs sur les équipements numériques et sur le passage au numérique 97
5.4.4	Récepteurs intégrés de télévision numérique 97
5.4.5	Connectivité numérique..... 97
5.4.6	Interopérabilité des services 98
5.4.7	Accès pour les utilisateurs ayant des besoins spécifiques 98
5.4.8	Suppression des obstacles à la réception de la radiodiffusion numérique..... 98
5.5	Incidences sur les citoyens..... 98
Chapitre VI	– Etudes de cas 101
6.1	L'OCDE et la radiodiffusion 101
6.2	Question du spectre de radiodiffusion vidéonumérique en Europe 104
6.3	Communication de la Commission européenne sur le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique..... 106
6.4	Plan d'action eEurope 2005..... 109
6.5	Mise en œuvre de la DVB-T en Europe..... 110
6.6	Etude de cas: Brésil..... 111
6.6.1	Introduction 111
6.6.2	Méthode utilisée pour la planification des canaux de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre et résultats 111
6.6.3	Conclusion..... 115
6.7	Etude de cas: Canada – Réseau expérimental ATSC-DTV de transmission répartie 115
6.7.1	Résumé 115
6.7.2	Introduction..... 115
6.7.3	Configurations du système et méthode utilisées..... 117
6.7.4	Résultats des essais..... 118
6.7.5	Conclusions 119
6.8	Etude de cas: l'Allemagne..... 120
6.8.1	Scénario de départ pour le passage au numérique 120
6.8.2	Le passage au numérique en cours de réalisation..... 122
6.8.3	Expériences et enseignements recueillis à l'occasion du processus de passage au numérique à Berlin-Brandebourg 127
6.8.4	Perspectives d'avenir 132
6.9	Guinée..... 134
6.9.1	Aspects juridiques et réglementaires 134
6.9.2	Aspects techniques 135
6.10	Fédération de Russie..... 135
6.10.1	Stratégie globale d'actualisation du réseau régional de transmission télévisuelle et radiophonique et passage à la radiodiffusion numérique dans la région 135
6.10.2	Etapes d'une modernisation approfondie du réseau régional de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique 137
6.10.3	Poursuite du développement du réseau de transmission par radiodiffusion télévisuelle et radiophonique dans la région, élargissement de la gamme de services et de fonctions du réseau, par la mise en place de services interactifs et de services multimédias..... 138

6.11 Etude de cas: équipement informatisé pour réseaux d'analyse DVB-T/UMTS	140
Annexe 1 – Carte de la télévision numérique dans le monde.....	144
Annexe 2 – Systèmes de télévision numérique par satellite, par câble et de Terre choisis dans les différentes régions du monde (juillet 2004).....	145
Annexe 3 – Liste d'abréviations	147

Chapitre I

Introduction

Le passage des technologies analogiques aux technologies numériques de radiodiffusion devrait se généraliser avec le temps. Toutefois, il ne va pas se faire au même rythme dans tous les pays et dans toutes les régions. S'il est vrai que des services de radiodiffusion (sonore et télévisuelle) numérique par satellite ont été ou vont être mis en place dans le monde entier, la radiodiffusion numérique de Terre en est à ses débuts dans beaucoup de pays.

Dans le domaine de la télévision et de la radiodiffusion (ci-après conjointement dénommées «radiodiffusion»), le «passage» est le processus de migration de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique, qui commence par la mise en œuvre du numérique et se termine par la suppression de la radiodiffusion analogique. De nombreuses possibilités existent selon la rapidité et la longueur du processus, les parties concernées et le degré d'intervention étatique. Chaque pays suit son propre itinéraire, souvent influencé par l'héritage de la radiodiffusion locale.

Le passage au numérique va au-delà d'une transformation technique. Etant donné le rôle de la radiodiffusion dans les sociétés modernes, l'impact n'est pas purement économique, il est aussi social et politique. Le passage au numérique touche tous les secteurs de la chaîne de radiodiffusion, à savoir: production de contenu, transmission et réception, qui nécessitent une amélioration technique pour s'adapter aux programmes numériques. Le principal problème se situe côté réception: il faut remplacer ou améliorer la totalité des récepteurs analogiques. Pour ce faire, on peut utiliser des récepteurs de radio et de télévision numériques intégrés ou des «boîtiers» raccordés aux postes de télévision analogique. De plus, il faut souvent adapter aussi les points de connexion (antennes, paraboles, câblage).

Le présent Rapport donne des informations et une vue d'ensemble des techniques de radiodiffusion sonore numérique et de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre (DTTB) ainsi que de la migration entre systèmes. Il doit être amélioré de manière à faire état autant que possible des problèmes posés par le déploiement de la radiodiffusion numérique de Terre, à décrire les techniques disponibles pour résoudre ces problèmes et à proposer aux pays des recommandations idoines concernant le passage des systèmes analogiques aux systèmes numériques, pour leur permettre d'améliorer leurs réseaux de radiodiffusion numérique (Chapitres II et III).

On trouvera au Chapitre III une description des différentes méthodes permettant la transition entre systèmes analogiques et systèmes numériques de radiodiffusion de Terre.

De surcroît, dans le présent rapport, il sera question des aspects économiques et développementaux des systèmes de radiodiffusion par câble, de télévision ou sonore numériques existants ou proposés, qui ont une incidence particulière sur tous les pays. Une attention spéciale est accordée au prix des récepteurs et, dans le même temps, aux techniques de transition de la radiodiffusion analogique de Terre à la radiodiffusion numérique de Terre, compte tenu des expériences des Etats Membres et des Membres de Secteur et des études entreprises par l'UIT-R. Le § 3.3 contient des résultats généraux sur ce nouveau marché.

Le Chapitre IV présente les résultats de la première session de la Conférence régionale des radiocommunications (mai 2004, Genève) et traite de la préparation de la seconde session (mai 2006), en ce qui concerne la planification de la T-DAB et de la DVB-T dans 118 pays.

Après le Chapitre V (Conclusions), le Chapitre VI (Etudes de cas) contient des exemples de passage en cours ou prévu de l'analogique au numérique.

1.1 Radiodiffusion sonore numérique

La migration d'un service radioélectrique dépendant surtout de l'application de techniques analogiques vers un service basé sur des techniques numériques a évolué au cours des 20 années écoulées avec l'apparition d'algorithmes puissants, l'évolution de la puissance de calcul et l'existence de dispositifs de traitement

numérique des signaux (DSP), qui permettent la mise en œuvre de la radiodiffusion sonore numérique, d'abord en studio, puis dans le réseau de contribution primaire et secondaire, et enfin au niveau des consommateurs à des prix abordables. (Selon la loi de Moore, la puissance de calcul double tous les 18 mois et, partant, accélère le processus d'introduction des techniques numériques). Les techniques numériques appliquées au système de modulation donnent des canaux transparents. La qualité de chaque maillon de la chaîne de radiodiffusion sonore doit être proche de la perfection; le maillon le plus faible sera le goulet d'étranglement et la qualité finale en dépendra. Par conséquent, les techniques numériques seront appliquées du studio au réseau de contribution, même pour alimenter des émetteurs analogiques, MA et MF par exemple et, bien sûr, pour alimenter des émetteurs de radiodiffusion numérique (DAB, DRM, etc.).

Les principaux avantages du passage de la radiodiffusion sonore analogique à la radiodiffusion sonore numérique sont les suivants:

a) Meilleure réception du son

Depuis l'introduction de nouveaux composants et dispositifs comme les lecteurs de CD et de MP3, le public veut une meilleure qualité audio et même des fonctionnalités de service de radiodiffusion de données.

A la fin des années 90, les pays européens ont mis au point un nouveau service de radiodiffusion basé sur la technologie MROF, utilisant des techniques de pointe, comme des codeurs audio T-DAB. La T-DAB a donc été à l'origine du développement d'autres systèmes à l'échelle mondiale: DRM, IBOC et DVB-T.

b) Nouveaux contenus/programmes séduisants

L'introduction de techniques numériques et d'une compression audio/vidéo extrêmement efficace permet la mise en œuvre de programmes (contenus) plus nombreux qu'avec les systèmes analogiques, avec un son de très bonne qualité (MF comme dans les bandes MA et qualité CD en T-DAB comme dans les systèmes sonores «surround» multicanaux et stéréophoniques (voir § 5.1 pour un exemple de système) accompagnant la présentation de données (guides de programmes, informations routières). En outre, les systèmes sonores numériques peuvent fournir des images fixes. Lorsque des images ou des données sont nécessaires, il faut que l'auditeur fasse l'acquisition d'un récepteur spécial.

L'auditeur bénéficie d'un certain nombre de nouveaux programmes grâce à l'efficacité de la technique numérique utilisée: de 1 bit/hertz/s jusqu'à 4 bits/hertz/s.

c) Portabilité, mobilité

Les usagers veulent au moins les mêmes possibilités en termes de portabilité et de réception mobile qu'avec les systèmes analogiques (MA, MF).

d) Efficacité

L'introduction des techniques numériques permet:

- a) d'améliorer l'efficacité d'utilisation des fréquences (une portion de spectre moins importante par canal numérique) dans la voie attribuée (plus de programmes), mais aussi d'utiliser la voie adjacente sans brouillage,
- b) de réduire sensiblement la puissance rayonnée pour la même zone de couverture: par exemple pour le système DRM, 80 kW de puissance de crête et non 250 kW.

1.2 Radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre

Le service de télévision dépendant principalement de l'application des technologies analogiques a graduellement évolué vers les technologies numériques au cours des vingt dernières années. Cette migration est le résultat naturel de la convergence de la télévision, des télécommunications, de l'infographie et de l'informatique, par suite de l'utilisation partagée de la technologie numérique.

Les signaux d'entrée et de sortie des systèmes de télévision, respectivement à la caméra et au récepteur, sont essentiellement analogiques. La question «pourquoi passer au numérique?» se pose donc tout naturellement.

Bien que les dégradations des signaux analogiques soient cumulatives et que leurs caractéristiques ne permettent pas de les distinguer facilement du signal vidéo, la possibilité de régénérer exactement un flux d'impulsions numériques rend les signaux numériques théoriquement insensibles aux dégradations dues à des sources extérieures. Les flux binaires numériques peuvent être entrelacés dans un seul canal. Ce processus d'entrelacement permet l'émission, la transmission, le stockage ou le traitement de signaux auxiliaires avec les signaux vidéo et les signaux audio associés. En outre, des techniques de compression fondées sur la réduction de la redondance peuvent s'appliquer aux services vidéo et audio numérisés, ce qui offre la possibilité d'assurer un service de TVHD ou plusieurs services ordinaires dans un canal de radiodiffusion analogique existant.

L'arrivée des magnétoscopes numériques, des commutateurs, des appareils d'animation graphique et des machines à effets spéciaux à signal composite et à composants des deuxième et troisième générations ainsi que la conclusion d'une entente sur une interface de signaux numériques série pour 1990 ont accéléré le passage à des installations de production entièrement numériques. La production numérique et l'utilisation de magnétoscopes numériques ont modifié les pratiques des radiodiffuseurs en matière de montage multigénération, le faisant passer de cinq générations de montage postproduction avec des techniques analogiques à des dizaines de générations avec des techniques numériques. L'application des techniques numériques a ramené la durée de mise au point des caméras de quelques heures à la quasi-instantanéité. Les systèmes de bibliothèque numérique ont rendu le repérage de supports enregistrés transparent pour l'utilisateur. La commande informatisée de tout le processus a pénétré en profondeur le système de production et de distribution de programmes, le dotant d'une commande de précision et de la répétabilité des fonctions.

La première utilisation des techniques de radiodiffusion numériques a été pour la distribution entre le studio et les sites d'émission via des liaisons par satellite ou de Terre.

Les avantages de la TNT sont donc les suivants:

Au-delà du plus grand nombre de chaînes par rapport à l'offre analogique, la TNT présente des avantages de nature à déclencher l'acte d'achat ou de location d'un décodeur par le téléspectateur pour la recevoir:

a) L'amélioration de l'image et du son: l'exemple d'autres produits montre que le public est soucieux de recevoir une image et un son de meilleure qualité: ainsi le lancement des disques compacts à la fin des années 80 a connu un grand succès en dépit d'un prix substantiellement supérieur à celui des disques vinyles et de la nécessité de s'équiper d'un nouvel appareil de lecture. Le cas des DVD, dont le prix est également sensiblement supérieur à celui des cassettes VHS et qui nécessitent un équipement particulier, connaît actuellement un engouement très important (le marché des DVD, comme celui des lecteurs, a doublé chacune des deux dernières années) et démontre que les usagers sont demandeurs de qualité d'image et de son.

b) L'attractivité des nouveaux programmes: elle doit être réelle et permettre de recueillir de l'audience. Trois catégories de chaînes peuvent susciter l'intérêt du téléspectateur: des chaînes généralistes innovantes ou différenciées par rapport aux chaînes actuelles, des chaînes plus thématiques, suffisamment fédératrices et susceptibles d'intéresser une audience cible assez large, des chaînes locales ou régionales, proches des préoccupations quotidiennes des téléspectateurs en matière sociale, économique et politique dans leur environnement géographique proche. Dans certaines régions du monde, les statistiques indiquent que jusqu'à 30% des téléspectateurs de TV numérique écoutent la radio en utilisant des technologies DVB.

c) La portabilité: dans l'absolu, c'est la solution technique idéale, car elle permet au moyen d'une antenne intégrée dans le téléviseur ou raccordée au récepteur, de recevoir la télévision partout dans la maison ou même sur des récepteurs de poche, à l'intérieur comme à l'extérieur. Cette solution sera cependant coûteuse en termes d'infrastructure de diffusion: il faut en effet des relais complémentaires aux émetteurs principaux pour assurer à tous les téléspectateurs de la zone couverte par la TNT une réception en mode portable.

d) L'interactivité: la TNT est également présentée comme la mise à disposition récente au téléspectateur de services interactifs, c'est-à-dire la possibilité d'un dialogue entre l'utilisateur de la télévision et un fournisseur de services, qui vont de la fourniture d'informations à des services de transaction comme les achats, les jeux, les services bancaires, etc. A terme, la convergence technologique devrait permettre à la

télévision d'être le vecteur ou le réceptacle de multiples fonctions. Or, la pénétration relativement lente de l'internet dans certains pays, quand celui-ci est disponible, montre la réticence d'une partie des populations à utiliser ce genre de services. L'étroitesse des capacités en fréquences disponibles peut également limiter le développement de ces services. De plus, selon certains, la télécommande de la télévision n'est sans doute pas la façon la plus conviviale pour naviguer au sein d'un programme ou service interactif, et les délais de connexion ou de réponse vont mettre du temps à s'améliorer.

e) **Mobilité:** l'un des avantages les plus évidents de la radiodiffusion de Terre par rapport aux autres moyens de radiodiffusion est la possibilité qu'elle offre de fournir la réception mobile à des voitures, des camions, des bus et des trains.

NOTE:

Les normes de télévision et de radiodiffusion numériques disponibles se répartissent en gros en 2 groupes:

- Codes porteuses uniques BLR-8 (utilisés dans la norme ATSC-DTT des Etats-Unis), système fondé sur le codage de l'information numérique à transmettre en utilisant uniquement l'amplitude (8 niveaux). Le signal modulé est ensuite traité à travers un filtre de Nyquist, pour réduire la largeur de bande de transmission.
- Multiporteuses (diverses évolutions de COFDM, sur lesquelles sont fondés, les codes DVB-T et DAB (adoptés en Europe), ISDB-T (adopté au Japon), DMB-T (mis au point en Chine), entre autres.

La méthode COFDM est fondée sur une division de la bande entre un nombre élevé de porteuses dans le canal d'exploitation. L'information numérique associée à chaque porteuse peut ensuite être codée en amplitude ou en phase (par exemple, MDPQ, MAQ-16, MAQ-64). Ensemble, les données numériques transmises simultanément et associées aux différentes porteuses constituent un symbole OFDM.

Les codes basés COFDM permettent la transmission à travers le canal physique d'un multiplex, comprenant divers contenus qui peuvent ensuite être choisis et extraits par le récepteur.

En outre, l'étalement du signal sur de nombreuses porteuses distribuées sur toute la largeur de canal, avec les systèmes de récupération d'erreur introduits pour sauvegarder l'intégrité des données, font qu'il est également possible d'envisager des systèmes basés COFDM, comme le système DVB-T, pour la mise en œuvre de réseaux SFN, dans lesquels la même fréquence est utilisée pour la transmission sur des zones de couverture adjacentes et l'évanouissement implicite résultant du brouillage cocanal est corrigé grâce aux caractéristiques du système COFDM. Des réseaux SFN (en DVB-T) commerciaux sont déjà opérationnels, par exemple, en Australie, en Espagne et en Allemagne.

La même immunité élevée aux brouillages rend les systèmes de radiodiffusion numérique COFDM appropriés à la réception mobile également. La récente norme DVB-H est spécialement conçue à cet effet. Dans ce cas, on attache une attention particulière à la préservation de la durée de vie des batteries: l'introduction d'un «raccordement temporel» permet au système de ne fonctionner que lorsqu'un contenu intéressant est diffusé. En outre, la fiabilité du système est encore améliorée par un système de récupération d'erreur.

1.3 Travaux de l'UIT

Les trois Secteurs de l'UIT, chacun dans son domaine de compétence, ont en charge des travaux et études concernant la Question 11-1/2 de l'UIT-D. Il est à noter qu'un résumé des Questions et sujets à l'étude, ainsi que les Recommandations et les Manuels approuvés concernant plus particulièrement les pays en développement, est donné dans le Rapport sur la Question 9-1/2 de la Commission d'études 2 de l'UIT-D.

Dans le présent rapport, les points essentiels intéressant la Question 11-1/2 sont les suivants:

a) UIT-R

CE 1: Gestion du spectre

- Rapport SM.1047-2 «Gestion nationale du spectre»
- Recommandation SM.2012-1 «Aspects économiques de la gestion du spectre»
- Manuel sur le contrôle technique du spectre, 2002
- Manuel sur la gestion nationale du spectre, 2005

CE 3: Propagation des ondes radioélectriques

- Recommandation UIT-R P.1546-2: «Méthodes de prévision de la propagation point à zone pour les services de Terre entre 30 et 3000 MHz». Cette Recommandation révisée remplace les deux anciennes Recommandations P.370-7 et P.529-3, qui étaient les deux principales Recommandations contenant des courbes de propagation susceptibles d'être utilisées pour la prévision des intensités de champ dans le cas de systèmes mobiles terrestres et de services de radiodiffusion.
- Manuel «Propagation des ondes radioélectriques dans le service mobile terrestre de Terre, dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques» (2002).

CE 6: Services de radiodiffusion

En particulier, les activités du Groupe de travail 6E et de l'ancien Groupe d'action 6/8 relatives à la préparation de la première phase des conférences régionales des radiocommunications (CRR-04) en vue de mettre à jour le Plan de Stockholm de 1961 sur la télévision ainsi que le Plan de 1989 (voir Chapitre IV du présent document.)

b) UIT-T*CE 9: Réseaux en câble intégrés à large bande et transmission télévisuelle et sonore*

Cette commission est la Commission d'études directrice pour les réseaux de télévision et câblés intégrés large bande. Elle est chargée des études se rapportant:

- à l'utilisation des réseaux en câble et des réseaux hybrides conçus avant tout pour la distribution chez le particulier de programmes de télévision et de programmes radiophoniques, par exemple réseaux intégrés à large bande pour acheminer les services vocaux et d'autres services à paramètre temps critique, la vidéo à la demande et les services interactifs, etc.;
- à l'utilisation des systèmes de télécommunication pour la contribution, la distribution primaire et la distribution secondaire de programmes de télévision, de programmes radiophoniques et de services de données similaires.

Au sein de la Commission d'études 9 de l'UIT-T, qui traite des réseaux en câble intégrés à large bande et de la transmission télévisuelle et sonore, les Questions suivantes et les Recommandations correspondantes doivent être étudiées/suivies:

Question 6/9 – Méthodes et pratiques d'accès conditionnel pour la télévision numérique directe par câble.

Question 12/9 – Fourniture sur le réseau de télévision par câble de services numériques multimédias évolués et d'applications utilisant des protocoles internet (IP) et/ou de données en mode paquet.

Question 13/9 – Applications vocales et vidéo de type IP sur des réseaux de télévision par câble.

La Commission d'études 9 est responsable de la coordination avec la Commission d'études 6 de l'UIT-R sur les questions de radiodiffusion.

CE 15: Dans cette commission, qui s'occupe des réseaux de transport optiques et autres, les Questions suivantes et les Recommandations correspondantes doivent être étudiées/suivies:

Question 1/15 – Transport dans le réseau d'accès.

Il s'agit de tenir à jour un aperçu des normes pertinentes et de l'actualiser régulièrement. On trouvera cet aperçu à l'adresse web: <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/lead.html>

*CE 16: Services, systèmes et terminaux multimédias***c) UIT-D**

Le Groupe du Rapporteur sur la Question 11-1/2 est le principal responsable du sujet au sein de l'UIT-D.

d) Conférence régionale des radiocommunications (CRR)

A la suite de consultations engagées en 2000 concernant la tenue d'une Conférence régionale des radiocommunications (CRR) et la planification future du service de radiodiffusion dans les bandes 174-230 MHz (bandes d'ondes métriques) et 470-862 MHz (bandes d'ondes décimétriques) (le Conseil de l'UIT à sa session de 2001 a adopté la Résolution 1185 à cet effet), la Conférence de plénipotentiaires a adopté la Résolution 117 (Marrakech, 2002), qui définissait la zone de planification de la Conférence régionale des radiocommunications relative à la planification de la radiodiffusion numérique télévisuelle et sonore de Terre dans ces bandes.

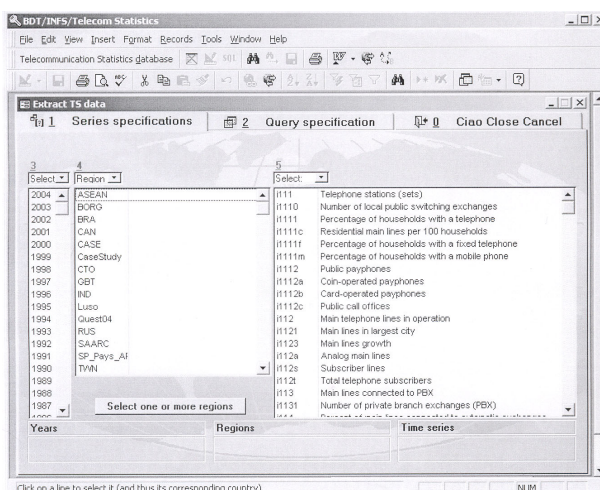
A sa session de 2003, le Conseil a modifié la Résolution 1185 pour tenir compte des décisions de la Conférence de plénipotentiaires et élaborer les ordres du jour des deux sessions de la CRR. Conformément à la Résolution 1185 (modifiée en 2003) du Conseil, un Rapport a été établi à Genève lors de la tenue de la CRR-04 (mai 2004). Il a servi de bases sur lesquelles la première session de la CRR a fondé ses travaux, pour faciliter les exercices de planification avant la seconde session et la forme sous laquelle les administrations devraient soumettre leurs besoins. Cette première session s'est déroulée du 10 au 28 mai 2004 à Genève: **Voir Chapitre IV.**

e) Base de données de l'UIT des indicateurs des télécommunications dans le monde (8^e édition, 2004)

La *base de données des indicateurs des télécommunications dans le monde* contient les statistiques des années 1960, 1965, 1970 et des données annuelles pour les années 1975 à 2003, pour environ 80 catégories de statistiques de télécommunication couvrant la taille des réseaux téléphoniques, les services mobiles, la qualité de service, le trafic, les effectifs, les tarifs, les recettes et les investissements. Les données pour 2003 sont disponibles pour certains indicateurs choisis comme le nombre de lignes téléphoniques principales en exploitation, les abonnés au téléphone mobile cellulaire ou les usagers de l'internet. On y trouve aussi des statistiques démographiques, macroéconomiques et sur la radiodiffusion et les technologies de l'information.

Les données sont recueillies sur la base d'un questionnaire envoyé chaque année par le Bureau de développement des télécommunications (BDT) de l'UIT. Des données supplémentaires sont recueillies auprès des ministères des télécommunications, des régulateurs et des opérateurs et sont aussi tirées de rapports de fonctionnaires de l'UIT. Dans certains cas, des estimations sont faites par des fonctionnaires de l'UIT et sont enregistrées dans la base de données.

Le principal écran de la base de données se présente comme suit:



Pour la radiodiffusion, la base de données contient des statistiques sur:

- les récepteurs de télévision,
- les ménages dotés de la télévision,
- les abonnés à la télévision par câble,
- les antennes satellite à usage domestique.

A titre d'exemple de données relatives à un pays, l'illustration ci-dessous contient l'extrait de la base de données qui concerne la France:

Tableau 1 – Exemple tiré de la base de données des indicateurs des télécommunications dans le monde, concernant la France

Country	Time series	Series notes	1998	1999	2000	2001	2002
France	Cable TV subscribers	Source: AF	2'600'000.00	2'850'000.00	2'974'000.00	3'375'000.00	3'593'000.00
France	Home satellite antennas	Source: SE	3'260'000.00	3'920'000.00	4'300'000.00	4'740'000.00	5'010'000.00
France	Households passed by cable television				8'395'668.00	8'493'204.00	8'810'270.00
France	Per cent of households with a radio						
France	Per cent of households with a television		94.06	93.41	93.66	94.72	95.00
France	Percent of population covered by radio broadcasting						
France	Percent of population covered by TV broadcasting						
France	Radio equipped households						
France	Radio licence households						
France	Radio sets	Source: UN					
France	Television equipped households	Until 1994,	22'280'000.00	22'380'000.00	22'724'000.00	23'283'010.00	23'411'000.00
France	Television licence households						
France	Television receivers	Source: Ur	36'000'000.00	36'500'000.00	37'000'000.00	37'500'000.00	37'700'000.00
France	Televisions per 100 inhabitants		61.65	62.26	62.83	63.19	63.22

NOTE – Il existe aussi des publications connexes contenant des statistiques et des analyses de marché. Pour obtenir des détails sur ces rapports, voir le site <http://www.itu.int/ITU-D/ict> (Avis de Publication N° 191-04).

f) **Rapport sur le développement des télécommunications dans le monde (2003)**

Ce rapport intitulé «Indicateurs d'accès à la société de l'information» donne des statistiques relatives à la radiodiffusion dans les paragraphes suivants:

1) § 18 – Radiodiffusion (pages A72 à A75)

Pour la radio et la télévision dans les ménages desservis, en pourcentage du nombre total de ménages et de population couverte pour les catégories de pays suivants: faible revenu (59 pays), revenu intermédiaire inférieur (50 pays), revenu intermédiaire supérieur (29 pays) et revenu élevé (41 pays).

Récapitulation du tableau:

	Radio			Télévision		
	Nombre de ménages (en milliers) en 2002	Pourcentage du total (2002)	Population couverte (2002)	Nombre de ménages (en milliers) en 2002	Pourcentage du total (2002)	Population couverte (2002)
Monde	702 355	69,3	95%	1 151 607	75,3	86%
Afrique	89 478	59,2	93%	57 975	38,2	69%
Amériques	223 512	95,8	96%	229 250	94,4	94%
Asie	247 235	54,0	95%	574 458	69,0	91%
Europe	134 757	82,2	96%	281 196	96,7	99%
Océanie	7 373	96,3	100%	8 728	84,5	98%

2) § 19 – Télévision multicanal (pages A76 à A79)

Des statistiques sont fournies pour les abonnés à la télévision par câble, les antennes de satellite à usage domestique et les abonnés au modem câble et sont récapitulées dans le tableau ci-après:

	Abonnés à la télévision par câble (en milliers) 2002		Antennes de satellite à usage domestique		Abonnés au modem câble	
	Total (milliers) 2002	En % du nombre des ménages ayant la télévision 2002	Total (milliers) 2002	En % du nombre des ménages ayant la télévision 2002	Total (milliers) 2002	En % du nombre des ménages ayant la télévision par câble 2002
Monde	351 097,6	31,8	99 665,2	14,6	23 972,9	7,0
Afrique	188,6	0,3	9 192,7	21,7	–	–
Amériques	96 628,5	43,4	22 287,3	10,7	13 390,5	14,1
Asie	180 747,9	33,3	22 342,7	15,7	6 447,6	3,7
Europe	71 974,4	25,7	44 957,7	16,0	3 989,4	5,6
Océanie	1 558,2	18,1	884,8	10,3	145,4	9,4

Chapitre II

Aspects techniques

2.1 Introduction

La mise en œuvre de réseaux de radiodiffusion numérique vidéo et/ou sonore dans le panorama mondial des télécommunications permet la multiplication des programmes reçus à domicile grâce à l'utilisation de techniques numériques – et surtout de techniques de compression et sans brouillage cocanal (par exemple, dans le cas de la télévision, l'utilisation de voies qu'il était exclu d'utiliser avec des systèmes analogiques). En outre, la radiodiffusion numérique est un moyen de communication important de la société de l'information et les techniques utilisées permettent la convergence des télécommunications, de la transmission de données, de l'internet, de l'image et du son avec interactivité.

Le présent chapitre donne des renseignements techniques à l'intention des ingénieurs et des responsables de la mise en œuvre des systèmes de radiodiffusion numérique et du passage des systèmes analogiques aux systèmes numériques. On ne s'attend pas à ce que tous les systèmes sonores et télévisuels de Terre analogiques existants soient remplacés du jour au lendemain par des services numériques; cela pourra en fait prendre des années.

Trois grandes familles d'applications existent dans le domaine de la radiodiffusion:

2.1.1 Radiodiffusion sonore numérique

Le son numérique suppose la radiodiffusion de son numérique et d'autres données vers des récepteurs fixes, mobiles et portatifs. Il existe un certain nombre de radiodiffuseurs qui diffusent au format radionumérique dans différents pays d'Europe, d'Amérique du Nord et de la région Asie-Pacifique. La radiodiffusion audionumérique (DAB) et la radiodiffusion numérique à intégration de services de Terre (RDNIS-T) remplacent la radiodiffusion analogique classique. Dans les bandes au-dessous de 30 MHz, nous avons assisté à la mise au point de la norme DRM qui a récemment été mise en œuvre dans certains pays à titre expérimental ou de manière régulière. Toutes les normes radionumériques du monde utilisent le MROFC, qui est un moyen efficace et extrêmement souple de fournir des services numériques, notamment dans un environnement complexe avec propagation par trajets multiples et échos. L'autre avantage des systèmes de modulation multiporteuse est qu'il permet l'emploi de techniques SFN (réseau monofréquence).

2.1.2 Radiodiffusion vidéo numérique

De même, la technologie évolue, de la télévision analogique à la télévision numérique, et la radiodiffusion vidéo numérique a été conçue et mise en œuvre par de nombreux pays. Elle offre la possibilité de multiplier les canaux qui utilisent des techniques de compression numérique comme la MPEG-2. Malheureusement, il n'existe actuellement aucune norme mondiale sur les systèmes de codage du son, ce qui entraîne l'apparition d'un certain nombre de normes de télévision numérique différentes en Europe, au Japon et en Amérique du Nord.

L'Europe et d'autres régions du monde ont choisi d'adopter la norme DVB qui est compatible pour les normes DVB-T, DVB-C et DVB-S. Pour le multimédia, la spécification MHP 1.1 a été adoptée. De même, pour la radiodiffusion de données, la DVB-données permet d'assurer de très nombreux services de données différents et pleinement interopérables. La DVB-T permet la fourniture de différents services dans le multiplex comme la radio, la SDTV, l'EDTV (16/9), l'HDTV, divers types de sons, de la monophonie jusqu'au système surround 5.1 et, enfin, la télévision fixe, portable et mobile.

Le Japon a élaboré le système RDNIS dans lequel la radio, la SDTV, l'HDTV et la TV mobile peuvent fonctionner de manière souple dans certaines parties de la largeur de bande totale attribuée au service. La norme BML pour le multimédia à harmoniser avec les normes DVB-MHP et la norme OCAP pour les systèmes en câble numérique sont envisagées.

De même, aux Etats-Unis, le système ATSC (ou DTV) a été mis au point par Grand Alliance pour la radiodiffusion de Terre et la norme câble numérique est cableLabs. La norme DASE (Architecture DTV pour un environnement logiciel) pour le multimédia a été publiée en janvier 2002. Mais il n'existe aucune interopérabilité entre les normes cableLabs, ATSC et DSC pour les systèmes à satellites numériques (la DSC est proche de la DVB-S).

L'UIT travaille pour garantir la compatibilité et l'interopérabilité nécessaires entre les différents dispositifs électroniques dans le monde, même s'il est difficile de réunir les organisations régionales et les opérateurs.

Bien que la DVB-T vienne d'être testée et mise en pratique, le service par satellite a commencé il y a quelques années aux Etats-Unis, au Royaume-Uni, au Japon et dans d'autres pays. La menace qui pèse réellement sur l'adoption en douceur de la DTV est le coût des récepteurs de télévision, auquel il faut ajouter un boîtier externe qui convertit le signal numérique entrant en un format susceptible d'être regardé sur la télévision et peut contenir les logiciels permettant l'utilisation de services interactifs. Des postes de télévision avec récepteurs DTV intégrés existent déjà sur le marché. Avec l'augmentation du nombre de boîtiers externes loués ou vendus, le prix de ceux-ci avoisine maintenant les 70 EUR.

2.1.3 Radiodiffusion de données

Il s'agit de la fourniture d'un contenu multimédia directement à un ordinateur et à d'autres dispositifs numériques. Pour ce faire, on installe une carte de données spéciale dans le dispositif de réception qui reçoit les données et les convertit en un format susceptible d'être utilisé par l'ordinateur ou d'autres dispositifs numériques. L'utilisation de l'internet et l'adoption du protocole internet ont bouleversé le marché commercial de la radiodiffusion multimédia dans le monde. Un certain nombre de normes sont en cours d'élaboration en Europe, aux Etats-Unis et au Japon pour la radiodiffusion multimédia et la normalisation se poursuit également à l'UIT.

Quand on cite les avantages des techniques de radiodiffusion numérique, il est clair que le passage de l'analogique au numérique va se généraliser. Les clés du succès des techniques numériques sont la disponibilité d'une plus grande largeur de bande, des récepteurs moins chers, des bandes de fréquences permettant une utilisation mondiale efficace et l'interopérabilité avec les réseaux analogiques existants.

Avant de passer de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique, il est toujours indispensable d'identifier le marché. Le marché et les consommateurs recherchent une technologie et des services utilisables et de qualité. Toutefois, il est démontré que la radio comme la télévision numériques présentent un certain nombre d'avantages par rapport à leur contrepartie analogique, à savoir:

- meilleure qualité d'image et de son;
- nouveaux programmes intéressants;
- portabilité;
- interactivité;
- nouveaux services;
- faible consommation des émetteurs.

Ces facteurs renforcent la viabilité du futur marché numérique. Les techniques numériques offrent des possibilités de nouveaux services perfectionnés, comme cela a été maintenant démontré par les entreprises qui ont pu voir le jour grâce à l'internet (e-entreprises) et un grand nombre d'entreprises apparaissent qui répondront aux besoins divers et sophistiqués des consommateurs. Les acteurs doivent également être attentifs aux consommateurs et toujours prêts à les servir ainsi que les utilisateurs des techniques.

2.2 Radiodiffusion sonore numérique hertzienne

2.2.1 Introduction

Il est clair que le monde se dirige rapidement vers une époque où la radiodiffusion sera entièrement assurée aux spectateurs et aux auditeurs à l'aide de plates-formes numériques. On assiste au remplacement de la MF par des systèmes tels que le DAB, l'IBOC et le DRM, tandis que la télévision utilise de plus en plus la DVB

sous une forme ou une autre. Les CD, les DVD, les PC et l'internet deviennent le mécanisme de fourniture et de stockage préféré des consommateurs qui souhaitent garder du matériel à réutiliser. L'utilisation de la technique numérique sur ces autres supports a permis d'améliorer la qualité et la fiabilité du son et/ou de l'image fourni. Sans le développement d'un système MA numérique, il est probable que le déclin actuel du nombre des auditeurs conduirait à une utilisation de moins en moins grande de ces bandes.

2.2.2 Radiodiffusion à modulation d'amplitude dans les bandes d'ondes décimétriques

La radiodiffusion MA mise au point au début du XX^e siècle et le nombre de radiodiffuseurs et d'auditeurs ont augmenté rapidement, si bien qu'aujourd'hui il existe au moins deux milliards de radios qui peuvent recevoir des émissions dans une ou plusieurs bandes d'ondes décimétriques. Avec le développement du transistor puis du circuit intégré, le coût réel de ces radios a chuté de façon spectaculaire. En même temps, la portabilité s'est améliorée tandis que la taille et le poids ont diminué, et une consommation d'énergie est bien moindre, ce qui réduit le coût d'exploitation, étant donné que les batteries doivent être remplacées moins fréquemment. Grâce au développement rapide de la radiodiffusion dans ces bandes, la plupart des régions du monde ont aujourd'hui accès au moins aux services de radiocommunication de base. Dans bien des cas, ces services sont reçus non seulement dans le pays des auditeurs mais aussi dans d'autres pays, donnant accès à une large gamme de programmes fournis dans les bandes au-dessous de 30 MHz suivantes:

- Ondes kilométriques (LF – ondes longues) – de 148,5 kHz à 283,5 kHz, dans la Région 1 de l'UIT uniquement.
- Ondes hectométriques (MF – ondes moyennes) – de 526,5 kHz à 1 606,5 kHz, dans les Régions 1 et 3 de l'UIT et de 525 kHz à 1 705 kHz dans la Région 2 de l'UIT.
- Ondes décimétriques (MF – ondes courtes), ensemble de bandes attribuées à la radiodiffusion dans la gamme 2,3-27 MHz, généralement à l'échelle mondiale.

Ces bandes offrent des capacités de propagation uniques qui permettent:

- d'obtenir des zones de couverture importantes, dont la taille et l'emplacement peuvent dépendre du moment de la journée, de la saison ou du moment du cycle solaire de 11 ans (environ);
- une réception mobile et portable avec assez peu de dégradations causées par l'environnement du récepteur.

On souhaite donc poursuivre la radiodiffusion dans ces bandes, sans doute surtout dans le cas de la radiodiffusion internationale où les bandes d'ondes décimétriques offrent les seules possibilités de réception qui n'exigent pas l'utilisation de stations de répéteur locales.

Toutefois, les services de radiodiffusion dans ces bandes:

- utilisent des techniques analogiques;
- sont d'une qualité limitée;
- subissent des brouillages considérables du fait des mécanismes de propagation à longue distance qui prévalent dans cette partie du spectre des fréquences et du grand nombre d'utilisateurs.

Il résulte directement de ces considérations que l'on souhaite passer à la transmission numérique et aux techniques de réception numérique de manière à améliorer la qualité nécessaire pour garder des auditeurs qui, de plus en plus, peuvent utiliser des supports de réception de programmes très divers et offrent en général déjà une qualité et une fiabilité supérieures.

Bien que le marché de la modulation d'amplitude reste encore très important, en termes de nombre de radiodiffuseurs et d'heures de radiodiffusion, il décline manifestement. D'autres systèmes de radiodiffusion comme la MF, la DAB, de l'internet et les satellites éloignent inexorablement les auditeurs de la MA, car ils peuvent fournir une qualité de son supérieure. Néanmoins, les bandes MA continuent d'offrir, pour le radiodiffuseur, un moyen intéressant et économique d'atteindre un public important. Les radiodiffuseurs ont beaucoup investi dans des équipements de transmission MA qui dans bien des cas ont encore un certain nombre d'années de vie utile. En particulier, les antennes et les émetteurs utilisés pour des services MA demandant beaucoup d'énergie représentent un investissement significatif, et la possibilité de les modifier pour qu'ils passent à la transmission numérique est intéressante.

Tandis que de nombreux radiodiffuseurs vont avoir la possibilité de modifier leurs équipements de transmission pour fournir des services analogiques et numériques, cela prendra du temps et certains équipements de transmission, qui ne peuvent pas être modifiés, devront être remplacés en totalité. Dans l'idéal, ce remplacement devrait faire partie du cycle de vie de remplacement normal des équipements. Au cours de cette période de transition, la radiodiffusion analogique et la radiodiffusion numérique coexisteront. Cela signifie que de nouveaux postes de radio MA devront assurer la réception analogique et numérique encore longtemps. L'installation de la réception numérique complétera donc la réception analogique, sans la remplacer.

NOTE – Dans la circulaire administrative CA/135 du Bureau des radiocommunications (BR) datée du 30 juin 2004, les administrations ont été invitées à fournir des données sur les systèmes de radiodiffusion en ondes kilométriques, décimétriques et hectométriques. Les réponses reçues des administrations au 14 octobre 2004 (54 pays) sont jointes au Document UIT-R 6E/116 du 15 octobre 2004.

2.2.2.1 Digital Radio Mondiale (DRM)

Exemple: Mise en œuvre du système Digital Radio Mondiale (DRM)

Présentation du système

Actuellement, les ondes décimétriques sont encombrées de transmissions analogiques, plus particulièrement de 4 MHz à 15 MHz, voire à 17 MHz.

Le système DRM est destiné à être utilisé aux fréquences inférieures à 30 MHz, c'est-à-dire dans les bandes de radiodiffusion en ondes kilométriques, hectométriques et décimétriques, compte tenu de diverses contraintes liées au découpage des canaux et de conditions de propagation variables dans ces bandes. Pour faire face à ces contraintes opérationnelles, il existe différents modes de transmission. Un mode de transmission est défini par deux types de paramètres de transmission:

- paramètres liés à la largeur de bande du signal;
- paramètres liés à l'efficacité de la transmission.

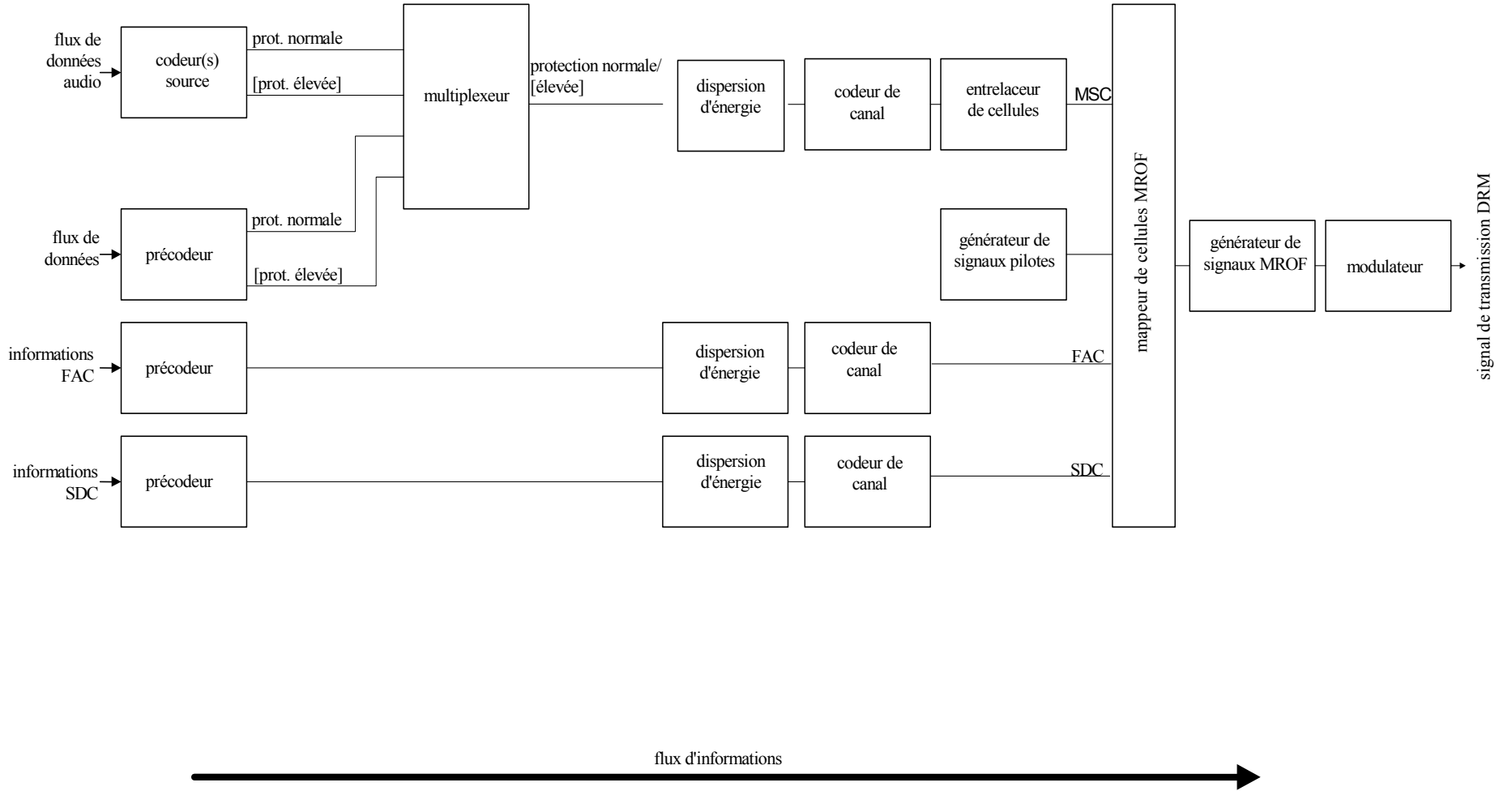
Le premier type de paramètre définit la largeur de bande totale pour une transmission alors que le second type permet d'arriver à un compromis entre la capacité (débit binaire utile) et la tolérance au bruit, aux trajets multiples et à l'effet Doppler.

Architecture du système

Le présent paragraphe donne une présentation générale de l'architecture du système, sur la base du schéma de la Figure 1, qui représente chaque partie du système.

La Figure 1 décrit le flux général de différentes catégories d'information (audio, données, etc.) et ne fait pas la distinction entre différents services susceptibles d'être transmis dans une ou plusieurs catégories d'information.

Figure 1 – Diagramme fonctionnel de transmission DRM



Les codeurs de source ainsi que les précodeurs convertissent les flux d'entrée au format de transmission numérique approprié. Dans le cas du codage de source audio, cette fonctionnalité intègre des techniques de compression audio. Les données de sortie des codeurs source et du précodeur de flux de données peuvent comprendre deux parties nécessitant deux niveaux différents de protection dans le codeur de canal suivant. Tous les services doivent utiliser les mêmes niveaux de protection.

Le multiplexeur tient compte des niveaux de protection de tous les services de données et de tous les services audio.

La dispersion d'énergie complète de façon déterministe et sélective les flux binaires afin de réduire la probabilité d'apparition systématique de séquences identiques qui aboutirait à une uniformité non désirée du signal transmis.

Le codeur de canal ajoute des informations redondantes permettant d'assurer une transmission quasiment sans erreur et définit le mappage des informations numériques codées en cellules MAQ (modulation d'amplitude en quadrature).

L'entrelacement de cellules permet d'étaler des cellules MAQ consécutives sur une séquence de cellules espacées en temps et en fréquence de façon quasi aléatoire, afin d'assurer une transmission fiable dans les canaux à dispersion temps-fréquence. Le générateur de signaux pilotes permet au récepteur d'obtenir des informations sur l'état d'un canal, autorisant ainsi une démodulation cohérente du signal.

Le mappeur de cellules MROF (multiplexage par répartition orthogonale en fréquence) collecte les différentes classes de cellules et les place sur une grille temps-fréquence.

Le générateur de signaux MROF convertit chaque ensemble de cellules ayant le même indice temporel en une représentation du signal dans le domaine temporel. On obtient ainsi le symbole MROF à partir de cette représentation dans le domaine temporel, en insérant un intervalle de garde sous la forme d'une répétition cyclique d'une partie du signal.

Le modulateur convertit la représentation numérique du signal MROF en un signal analogique dans l'environnement radioélectrique. Cette opération suppose une conversion numérique/analogique et un filtrage qui doivent être conformes aux exigences spectrales.

Codage de source

Compte tenu des contraintes imposées par les réglementations sur la radiodiffusion dans les canaux au-dessous de 30 MHz et des paramètres du schéma de codage et de modulation appliqué, le débit binaire disponible pour le codage de source est compris entre 8 kbit/s (demi-canaux) et environ 34 kbit/s (canaux normalisés) pour le son stéréophonique, et entre 8 kbit/s et environ 74 kbit/s (ensemble de deux canaux) pour le son de qualité CD.

Afin d'offrir une qualité optimale à un débit binaire donné, le système dispose de différents schémas de codage de source:

- un sous-ensemble AAC (codage audio évolué, *advanced audio coding*) MPEG-4 comportant des outils de tolérance aux erreurs pour la radiodiffusion générique audio en mode mono ou stéréo;
- un sous-ensemble de codage de la parole CELP (prédiction linéaire à excitation par code, *code excited linear prediction*) MPEG-4 pour la radiodiffusion en mode mono de la parole insensible aux erreurs, dans les cas où seul un débit binaire faible est disponible ou une tolérance particulièrement élevée aux erreurs est requise;
- un sous-ensemble de codage de la parole HVXC (codage par excitation de vecteur d'harmonique, *harmonic vector excitation coding*) MPEG-4 pour la radiodiffusion de la parole en mode mono, à très faible débit binaire et insensible aux erreurs, particulièrement indiqué pour les applications de bases de données de parole;

- la répétition de la bande spectrale (SBR, *spectral band replication*), technique d'amélioration du codage audio permettant d'obtenir une largeur de bande audio complète à de faibles débits binaires. Elle s'applique au codage AAC aux débits binaires élevés.

Le format de transport de flux binaire des schémas de codage de source a été modifié de façon à satisfaire aux exigences du système DRM (supertramage audio). On peut employer la protection inégale contre les erreurs (UEP, *unequal error protection*) pour améliorer le comportement du système dans les canaux sensibles aux erreurs.

Il est prévu de perfectionner le système audio en reliant deux signaux DRM.

Fonctions de multiplexage

Le système DRM possède des fonctions de multiplexage permettant de multiplexer jusqu'à quatre services différents, qui peuvent être composés de services audio et/ou de services de données. Par exemple, certains radiodiffuseurs ont l'intention de diffuser plusieurs langues différentes avec leurs données associées en même temps, dans le même canal DRM. Le système DRM permet de diffuser des éléments audio et des données pouvant être du texte et/ou des images fixes (projection de diapositives) (l'enseignement à distance ou la publicité en sont des applications courantes).

Dans des conditions appropriées de propagation, il est possible de diffuser des objets multimédias. En effet, le système DRM contient un sous-ensemble destiné au transfert d'objets multimédias (MOT, *multimedia object transfer*) DAB (EU147) (Norme ETSI EN 301 234).

Modes de transmission

Paramètres liés à la largeur de bande du signal

Les largeurs actuelles des canaux utilisés pour la radiodiffusion au-dessous de 30 MHz sont de 9 kHz et de 10 kHz. Le système DRM est destiné à être utilisé:

- dans ces largeurs de bande nominales, pour les besoins de la planification actuelle;
- dans la moitié de ces largeurs de bande (4,5 kHz ou 5 kHz) afin de permettre la diffusion simultanée avec des signaux MA analogiques;
- dans deux fois ces largeurs de bande (18 kHz ou 20 kHz) afin d'obtenir une plus grande capacité de transmission lorsque les contraintes de planification le permettent.

Paramètres liés à l'efficacité de la transmission

Pour une valeur quelconque du paramètre de largeur de bande du signal, on définit des paramètres liés à l'efficacité de la transmission afin d'arriver à un compromis entre la capacité (débit binaire utile) et la tolérance aux bruits, aux trajets multiples et à l'effet Doppler. Ces paramètres sont de deux types:

- paramètres liés aux taux de codage et aux constellations, permettant de déterminer les taux de codage et les constellations à utiliser pour acheminer les données;
- paramètres liés aux symboles MROF, permettant de définir la structure des symboles MROF à utiliser en fonction des conditions de propagation.

Taux de codage et constellations

Le système offre diverses options permettant d'atteindre un ou deux niveaux de protection à la fois, en fonction de la protection que l'on souhaite appliquer à chaque service ou partie de service. Selon les exigences du service, ces niveaux de protection peuvent être déterminés par le taux de code du codeur de canaux (par exemple, 0,6 ...), par l'ordre des constellations (par exemple, MAQ-4, MAQ-16, MAQ-64) ou par la modulation hiérarchique.

Jeu de paramètres MROF

Le présent paragraphe décrit le jeu de paramètres MROF. Ces valeurs sont définies pour différentes conditions de propagation, de façon à obtenir différents niveaux de fiabilité du signal. Dans une largeur de bande donnée, ces différents niveaux correspondent à différents débits de données. Le Tableau 1 illustre les utilisations types des niveaux de fiabilité.

Tableau 1 – Utilisations des niveaux de fiabilité

Niveau de fiabilité	Conditions de propagation types
A	Canaux gaussiens, avec léger évanouissement
B	Canaux sélectifs en temps et en fréquence, avec un plus grand étalement du temps de propagation
C	Comme le niveau de fiabilité B, mais avec un plus grand étalement du spectre Doppler
D	Comme le niveau de fiabilité B, mais avec un grand étalement du temps de propagation et du spectre Doppler

2.2.3 Radiodiffusion sonore numérique dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques

La radiodiffusion sonore numérique de Terre (DSB) dans les bandes 30-3 000 MHz suscite de plus en plus d'intérêt dans le monde pour une couverture locale, régionale et nationale. L'UIT-R a adopté les Recommandations UIT-R BS.774 et UIT-R BO.789 qui présentent les exigences nécessaires pour les systèmes DSB à destination de récepteurs fixes, portatifs ou placés à bord de véhicules pour la diffusion par satellite et de Terre. Les avantages de l'utilisation complémentaire de systèmes de Terre et à satellites y sont reconnus et y est demandé un système DSB permettant un récepteur commun avec des circuits VLSI de traitement communs et la fabrication de récepteurs à prix modique grâce à une production en série.

A) Les systèmes de radiodiffusion sonore numérique de Terre sont décrits dans la Recommandation UIT-R BS.1114-5:

a) T-DAB

Le système de radiodiffusion audionumérique T-DAB (Système A de la Recommandation UIT-R BS.1114) est un système de radiodiffusion numérique multiservices de haute qualité à destination des récepteurs placés à bord de véhicules et des récepteurs portatifs ou fixes. Il est conçu pour être exploité jusqu'à 3 000 MHz et utiliser différents modes de diffusion Terre, satellite, hybride (Terre-satellite) et câble. Il s'agit d'un système de radiodiffusion numérique à intégration de services polyvalent qui offre une grande souplesse d'exploitation et qui permet, conformément aux exigences de souplesse d'exploitation et de diversité des services qu'imposent aux systèmes et aux services les Recommandations UIT-R BO.789 et UIT-R BS.774, de nombreuses possibilités de codage des sources et des canaux, de transmettre des données associées aux programmes sonores et de fournir des services de données indépendants.

Ce système de radiodiffusion sonore et de radiodiffusion de données est particulièrement fiable, et offre une grande efficacité d'utilisation du spectre et de la puissance. Il fait appel à des techniques numériques de pointe pour l'élimination dans le signal source des redondances et des informations qui n'ont aucune incidence sur le rendu acoustique, et produit une redondance strictement contrôlée sur le signal diffusé destiné à la correction des erreurs. L'information transmise est ensuite étalée en temps et en fréquence pour que le récepteur, fixe ou mobile, restitue un signal de haute qualité même en présence de phénomènes de propagation par trajets multiples. L'amélioration de l'efficacité d'utilisation du spectre est obtenue par entrelacement de plusieurs signaux de programme, et compte tenu des possibilités de réutilisation des fréquences spécifiques à un système, on peut étendre pratiquement sans limites les réseaux de radiodiffusion en plaçant des émetteurs supplémentaires fonctionnant sur la même fréquence (réseau monofréquence).

b) RDNIS-T_{SB}

Le système RDNIS-T_{SB} (radiodiffusion numérique avec intégration de services – de Terre pour la radiodiffusion sonore) est conçu pour la radiodiffusion sonore et de données de haute qualité avec une grande fiabilité même en réception mobile. Il est conçu pour être flexible et évolutif, pour présenter une grande analogie avec la radiodiffusion multimédia utilisant des réseaux de Terre et pour être conforme aux caractéristiques prescrites dans la Recommandation UIT-R BS.774.

C'est un système robuste qui utilise la modulation avec multiplexage MROF, l'entrelacement fréquence-temps bidimensionnel et des codes de correction d'erreur concaténés. La modulation à MROF utilisée par le système est appelée BST-MROF (BST étant la transmission à segmentation de bande). Le système présente des éléments communs avec le système RDNIS-T de radiodiffusion télévisuelle de Terre numérique dans la couche physique. La largeur de bande d'un bloc MROF, appelé segment MROF, est de 500 kHz environ. Etant donné que le système est constitué d'un ou de trois segments MROF, sa largeur de bande est d'environ 500 kHz ou 1,5 MHz environ.

Il comporte de nombreux paramètres de transmission tels que le système de modulation de porteuse, les taux de codage du code de correction d'erreur interne ainsi que la longueur de l'entrelacement temporel. Certaines des porteuses sont assignées à des porteuses de commande qui transmettent les informations sur les paramètres de transmission, lesquelles sont appelées des porteuses de commande de transmission et de configuration de multiplexage (TMCC).

c) IBOC-FM DSB

Le système IBOC-FM DSB («MF dans la bande sur la voie») est un système exploité à titre expérimental dans 5 grandes agglomérations des Etats-Unis. Il a été conçu pour assurer la réception à bord de véhicules, portable et fixe à l'aide d'émetteurs de Terre. Bien qu'il puisse être mis en œuvre dans une portion inoccupée du spectre, une de ses caractéristiques importantes est qu'il offre la possibilité d'une diffusion simultanée de signaux analogiques et numériques dans la bande de radiodiffusion MF. Cette caractéristique devrait permettre aux radiodiffuseurs MF de faire une transition rationnelle de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique. Le système offre des performances améliorées en présence de propagation par trajets multiples, ce qui aboutit à une plus grande fiabilité que celle des opérations MF analogiques. Le système IBOC-FM offre une qualité audio améliorée, comparable à celle obtenue avec des supports grand public enregistrés numériquement. En outre, le système donne aux radiodiffuseurs une certaine souplesse qui leur permet de proposer de nouveaux services de diffusion de données en plus d'une programmation audio améliorée. Le système permet aussi l'attribution de bits entre transmission audio et transmission de données pour optimiser les capacités de transmission de données.

d) DRM

Certains partenaires de DRM ont décidé d'étudier une extension éventuelle du système DRM dans les bandes MF.

B) Les Recommandations UIT-R BO.1130-4 et UIT-R BO.1547 donnent une description complète des systèmes DSB: systèmes SRS de Terre à destination de récepteurs fixes, portatifs ou placés à bord de véhicules entre 1 400 et 2 700 MHz:

a) S-DAB

Il s'agit de la version satellite du système T-DAB (voir A.1). L'adjonction d'un nouveau mode de transmission a été jugée souhaitable et est considérée comme une amélioration compatible du T-DAB, pour permettre l'utilisation d'émetteurs de Terre cocanaux de grande puissance, aboutissant à des capacités d'égalisation importante, d'où une plus grande souplesse et un moindre coût pour la mise en œuvre de la SRS (sonore) hybride dans la bande 1 452-1 492 MHz.

b) Systèmes WorldSpace

b.1 Le système WorldSpace (système D_s) est conçu au premier chef pour fournir des services de radiodiffusion audionumérique (son et données) aux fins de réception fixe ou portable. Il a été conçu de

manière à optimiser la qualité de fourniture des services par satellite dans la bande 1 452-1 492 MHz. Pour ce faire, on utilise une démodulation MDP-4 cohérente avec bloc concaténé et codage convolutionnel avec correction d'erreur, ainsi qu'une amplification linéaire. Le choix de la modulation MRT/MDP-4 permet une meilleure couverture pour une puissance donnée de répéteur de satellite. Le système numérique D_{SS} permet de moduler un multiplex souple de sources audio numérisées sur une porteuse MRT de liaison descendante.

b.2 Le système numérique D_H , segment de Terre complémentaire du système D_{SS} , également appelé système hybride WorldSpace (satellite/voie hertzienne de Terre), est conçu pour fournir des services de radiodiffusion audionumérique (son et données) à des récepteurs bon marché fixes, portatifs ou de véhicule. La composante diffusion par satellite de ce système utilise le même transport que le système numérique D_S , avec cependant plusieurs améliorations importantes notamment en ce qui concerne la réception en visibilité directe dans des zones partiellement occultées par des arbres. Parmi ces améliorations, il y a la levée rapide de l'ambiguïté de phase des signaux MDP-4, la diversité temporelle instantané/retardé et une combinaison de probabilité maximale des signaux à diversité temporelle instantané/retardé.

Du point de vue structurel, le système numérique D_H complète le système numérique D_S par une composante diffusion par voie hertzienne de Terre utilisant la modulation MCM. La modulation MCM est une technique de multiplexage par répartition orthogonale de fréquence peu sensible au phénomène de propagation par trajets multiples qui est largement admise pour la réception mobile généralisée depuis des émetteurs de Terre. L'extension MCM améliore les techniques qui sont communes aux systèmes tels que le système DAB, qui est une norme utilisée pour la fourniture de services de radiodiffusion audionumérique de Terre. La modulation MCM utilise plusieurs fréquences pour éviter les évanouissements sélectifs en fréquence qui résultent de l'étalement des temps de propagation dans les canaux.

c) **Système ARIB**

Le système ARIB (*association of radio industries and businesses*) est conçu pour fournir des services audio de qualité élevée et de données multimédia utilisant des satellites et des répéteurs terrestres de complément fonctionnant sur le même canal pour des récepteurs fixes, portatifs ou de véhicule. Il a été conçu pour optimiser la diffusion par satellite et par des répéteurs terrestres fonctionnant sur le même canal dans la bande 2 630-2 655 MHz. Pour cela, il utilise un multiplexage MRC fondé sur la modulation MDP-4 avec bloc concaténé et codage convolutionnel avec correction d'erreur.

NOTE – Les caractéristiques système et service ainsi que les aspects radiofréquence des systèmes de radiodiffusion sonore numérique sont présentés en détail dans le Manuel de l'UIT-R sur la radiodiffusion sonore numérique de Terre et par satellite à destination de récepteurs fixes portatifs ou placés à bord de véhicules en ondes métriques et décimétriques, édition 2002.

2.3 Radiodiffusion vidéo numérique hertzienne

2.3.1 Introduction

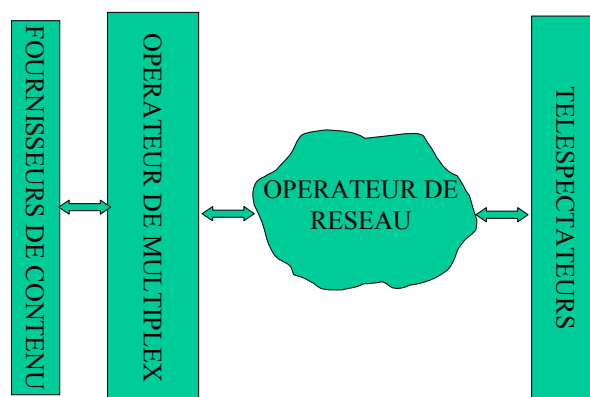
Face à l'apparition de la télévision numérique, les pouvoirs publics doivent se tourner vers l'avenir et se préparer à effectuer le passage de la télévision analogique à la télévision numérique de la manière la plus souple possible. Dans certains pays européens, les pouvoirs publics ont déjà décidé d'arrêter la télévision analogique à une date butoir, et l'année 2010 a déjà été approuvée par l'Union européenne.

Il faut donc que les autorités gouvernementales évaluent les aspects politiques, les services proposés, le marché (nombre de spectateurs potentiels et capacité financière), la disponibilité de canaux pour la mise en service de la télévision numérique et, bien entendu, l'intégration technique de celle-ci dans le réseau analogique existant.

La première phase de cette migration est la mise en place d'une réglementation (loi ou décret) autorisant l'introduction de la télévision numérique, précisant le nombre de multiplex autorisés (plusieurs programmes par multiplex et un multiplex occupe l'équivalent d'un canal analogique) et le type de services.

En ce qui concerne la technologie, les autorités sont confrontées à un choix entre des normes existantes qui sont déjà sur le marché mondial.

Figure 2 – Structure réseau TV numérique



Quatre normes de télévision numérique ont été mises au point pour la radiodiffusion de Terre (on trouvera des détails dans la Recommandation UIT-R BT.1306). Il s'agit des systèmes suivants:

- ATSC (Système A)
- DVB-T (Système B)
- RDNIS-T (Système C)
- DMB-T (Système D)

et le Rapport UIT-R BT.2035 contient les «Principes directeurs et techniques pour l'évaluation des systèmes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre».

2.3.2 Le système ATSC

Le système ATSC a été spécialement conçu pour permettre l'adjonction d'un émetteur numérique à chaque émetteur NTSC en service, aux Etats-Unis. Le nouvel émetteur a une couverture comparable et apporte des perturbations minimales au service NTSC existant, au point de vue de la couverture géographique et de la couverture de la population. Ces objectifs sont atteints, et même dépassés.

Le système de télévision numérique à porteuse unique est conçu pour émettre des images, du son et des données auxiliaires de grande qualité en utilisant la même largeur de bande de canal que les systèmes de télévision actuels. Il peut émettre de manière fiable environ 19 Mbit/s de débit de données dans un canal de radiodiffusion de Terre de 6 MHz et des débits plus élevés dans des canaux de 7 et 8 MHz.

Le système est extrêmement efficace, capable de fonctionner dans des conditions variables: existence de canaux dégagés, ou, tel que mis en œuvre aux Etats-Unis, obligation d'insérer 1 600 canaux supplémentaires dans un spectre déjà encombré, avec réception par des antennes montées sur les toits ou portables.

Le système a été conçu de façon à ne pas subir les effets de la propagation par trajets multiples, à bénéficier d'une bonne efficacité spectrale et à faciliter la planification des fréquences.

Le texte ci-dessous décrit les essais en conditions réelles des améliorations apportées récemment au système numérique C (ATSC). Ces améliorations permettent aux radiodiffuseurs d'ajouter des canaux numériques audio au principal canal de radiodiffusion numérique, sans devoir utiliser une quantité de spectre supplémentaire. La transmission quasi synchrone de la programmation analogique existante peut continuer à s'effectuer par radiodiffusion numérique sur le canal principal, ce qui permet de passer de façon souple du système analogique actuel à la radiodiffusion numérique. L'introduction des nouveaux programmes numériques peut s'effectuer au moyen des canaux supplémentaires.

Le système C numérique permet d'introduire la programmation numérique dans l'actuelle bande de radiodiffusion en ondes métriques en introduisant des porteuses numériques redondantes de part et d'autre du signal analogique existant. Le système comporte deux modes de fonctionnement facilitant l'introduction de canaux audio supplémentaires.

La modularité permet aux radiodiffuseurs de réduire le nombre de bits consacrés à la transmission du signal audio sur le canal principal, de 96 kbit/s à 48 kbit/s par incréments de moins de 1 kbit/s. Toute capacité inutilisée pour le canal principal audio peut être réaffectée à d'autres canaux audio.

Grâce au mode hybride étendu, les radiodiffuseurs peuvent introduire des porteuses numériques supplémentaires qui se prolongent vers l'intérieur en direction du signal hôte analogique. Ces porteuses supplémentaires fournissent une capacité additionnelle de 12,5, 25 ou 50 kbit/s, susceptible d'être affectée à de nouveaux canaux audio.

Dans le cadre de ces essais dans des conditions réelles, la modularité du système numérique C a servi à obtenir une capacité additionnelle pour le canal audio supplémentaire. Les essais en question ont été conçus afin d'évaluer la couverture en réception mobile du canal audio supplémentaire, et en particulier afin de déterminer si ce dernier était suffisamment robuste pour prendre en charge un service autonome susceptible d'être fourni à un vaste public, à l'intérieur de la zone normalement desservie par une station de radiodiffusion en ondes métriques. Bien que ces essais en conditions réelles aient été conçus afin d'évaluer la couverture du canal audio supplémentaire, ils n'ont pas étudié l'incidence éventuelle sur la qualité sonore du signal audio numérique sur le canal principal. On s'attend que les auditeurs ordinaires ne perçoivent aucun effet de la diminution du débit binaire disponible pour le signal audio sur le canal principal, bien que cette conclusion soit appelée à faire l'objet de vérifications dans le cadre d'essais futurs.

Les essais en conditions réelles ont utilisé les stations de radiodiffusion en ondes métriques situées à Washington DC, New York, San Francisco et Los Angeles. Ces stations diffusent des signaux numériques sur le canal principal à un débit de 60 kbit/s et utilisent les 32 kbit/s restants pour le canal audio supplémentaire. Dans chaque cas, une série de voies d'acheminement radiales proches de l'émetteur et dirigées vers l'extérieur à travers la zone de couverture de la station ont permis d'évaluer la couverture du canal audio principal et du canal audio supplémentaire. Au terme de la collecte des données, une analyse complémentaire a défini une zone de couverture numérique globale sur la base des voies d'acheminement radiales utilisées lors des essais. Un logiciel de modélisation de la programmation a servi à prévoir la couverture globale sur la base des données expérimentales. Les contours ont été sélectionnés en fonction de la zone dans laquelle les récepteurs mobiles pouvaient décoder le signal du canal principal ou du canal supplémentaire avec un coefficient de certitude de 95%. Le modèle TIREM (*terrain-integrated rough earth model*) définit la méthode d'analyse adaptée au relief qui a été retenue; celle-ci consiste à utiliser l'algorithme de propagation JSC, avec des données relatives au terrain recueillies toutes les trois secondes.

Les résultats, ont démontré la robustesse de la zone de couverture du canal audio supplémentaire. A Washington, le système numérique C a permis d'obtenir un canal audio supplémentaire pour la zone de service à 64,9 dBu du modèle TIREM, où habitent 4 656 986 personnes. Cet effectif représente 88,7% de la population située dans la zone de service protégée des stations émettant à 60 dBu. A New York, le système a fourni un canal audio supplémentaire dans la zone de service à 61 dBu du modèle TIREM où habitent 15 747 274 personnes. Cet effectif représente 103% de la population vivant à l'intérieur du contour à 60 dBu de la station. A San Francisco, le système a fourni un canal audio supplémentaire utilisé dans la zone de service à 66 dBu du modèle TIREM où habitent 1 603 323 personnes. Cet effectif représente 58,9% de la population habitant à l'intérieur du contour à 60 dBu de la station et 107% de la population à l'intérieur du

contour à 70 dBU de la station. A Los Angeles, le système a fourni un canal audio supplémentaire dans la zone de service délimitée par le contour à 70,8 dBU du modèle TIREM, où habitent 4 181 551 personnes. Cet effectif représente 63,3% de la population vivant à l'intérieur de la zone définie par le contour à 70 dBU relatif à la station et 161% de la population située à l'intérieur du contour à 70 dBU.

Ces résultats expérimentaux ont permis de conclure à la possibilité pour le système numérique C de fournir un canal audio supplémentaire dans les limites de la zone de service de 60 à 70 dBU d'une station. (Des indications complémentaires figurent sur le site <http://gullfoss2.fcc.gov/prod/ecfs/retrieve.egi?native>).

2.3.3 Le système DVB-T

La caractéristique essentielle du système DVB-T est sa souplesse de fonctionnement qui lui permet de s'adapter à tous les canaux: il est capable de fonctionner non seulement avec des canaux dégagés mais également en planification avec entrelacement, par exemple dans les canaux adjacents à une transmission analogique et même en cocanal pour le même programme diffusé par des émetteurs différents (réseaux SFN).

Le système à plusieurs porteuses (DVB-T) a été conçu à l'origine pour l'espacement entre canaux de 8 MHz en ondes décimétriques utilisé en Europe et a été adapté pour convenir à des canaux de 7 et 6 MHz. Selon le choix des paramètres de codage et de modulation, des débits de données de 20 à 30 Mbit/s peuvent être obtenus pour diffuser de la télévision numérique de haute qualité sur les canaux de radiodiffusion. De même, des débits de données plus faibles peuvent être employés lorsqu'une robustesse supplémentaire est jugée souhaitable.

Le système favorise aussi la souplesse d'exploitation du service, avec possibilité de réception par des antennes montées sur les toits et, si on le désire, sur appareils portatifs. La réception mobile est possible pour la modulation MDP-4 et également pour les ordres de modulation plus élevés, comme l'ont prouvé de nombreuses mesures en laboratoire et de nombreux essais sur le terrain effectués dans différentes conditions de fonctionnement des canaux.

Le système a aussi été conçu avec une grande résistance aux brouillages causés par les signaux retardés: échos provenant du terrain ou des bâtiments, ou signaux provenant d'émetteurs éloignés dans un réseau à fréquence unique. C'est là une possibilité nouvelle que le système apporte à la planification du service de télévision pour améliorer le rendement spectral, condition nécessaire dans les portions particulièrement chargées du spectre, comme c'est le cas en Europe.

Le système DVB-T possède un certain nombre de caractéristiques que l'on peut choisir et qui lui permettent de fonctionner avec une large gamme de rapports C/N et de comportements de canaux: possibilité de réception fixe, sur appareil portatif, ou mobile, avec compromis sur le débit binaire utilisable. L'étendue des caractéristiques permet aux radiodiffuseurs de choisir un mode adapté à l'application projetée. Par exemple, un mode extrêmement robuste (avec, comme conséquence, une diminution de la charge utile) est nécessaire pour la réception sur appareil portatif. On pourra choisir un mode moyennement robuste, avec une plus grande charge utile, si les services numériques sont entrelacés avec des services analogiques (par exemple dans les canaux adjacents à la transmission analogique). Les modes les moins robustes, avec les plus grandes charges utiles, sont à prendre en compte si l'on dispose d'un canal dégagé pour la radiodiffusion télévisuelle numérique.

a) Variantes de la DVB-T

La norme DVB-T permet d'utiliser différents niveaux de modulation et débits de code pour faire un compromis entre débit binaire et solidité. Etant donné que certaines variantes peuvent être choisies comme étant un sous-ensemble représentatif de l'ensemble de toutes les variantes, il faudra choisir ce sous-ensemble pour la conférence de planification, car il permet d'éviter de présenter un trop grand nombre d'options.

Les variantes non hiérarchiques sont choisies comme étant typiques de certains besoins exprimés et sont proches d'autres variantes; pour l'exemple de la DVB-T, on peut s'attendre que les besoins de canaux pour une variante avec un débit de code de $2/3$ soient analogues aux besoins pour une variante avec un débit de code de $3/4$, pour la même modulation.

A2: MDP-4, 2/3: cette variante donne une capacité de données faible de 6 à 8 Mbit/s seulement, mais un service très solide.

B2: MAQ-16, 2/3: la capacité de données est modérée, de 13 à 16 Mbit/s, et cette variante peut être utile pour donner des services raisonnablement robustes notamment pour la réception portable ou mobile.

C2: MAQ-64, 2/3: cette variante présente une capacité de données élevée, de 20 à 24 Mbit/s, mais donne des services moins robustes et est particulièrement sensible aux effets d'autobrouillage dans des réseaux monofréquence couvrant des zones étendues.

b) Variante hiérarchique

Les variantes hiérarchiques du système DVB-T signifient que le flux de bits MPEG-2 se divise en deux parties: le flux à haute priorité et le flux à faible priorité. Le flux à haute priorité est la partie solide du système hiérarchique et utilise la MDP-4 et un débit de code approprié pour donner la protection nécessaire contre le bruit et le brouillage. En raison du type de modulation, la capacité de données est faible (5 à 6 Mbit/s environ). Toutefois, le rapport C/I est plus mauvais que celui d'un système MDP-4 non hiérarchique, bien que la capacité de données soit la même que celle d'un système MDP-4 du même débit de code.

Le flux de faible priorité est la partie la plus fragile du système hiérarchique et doit être soit MAQ-16 soit MAQ-64. On n'a pas pris beaucoup en considération un flux de faible priorité utilisant la MAQ-16 parce que la capacité de données du flux de faible priorité est à peu près la même que celle du flux de priorité élevée. Un flux de faible priorité utilisant la MAQ-64 donne environ deux fois la capacité du flux MDP-4 de priorité élevée. Sa capacité exacte par rapport à celle du flux de priorité élevée dépend du débit de code relatif des deux flux.

Les variantes du système hiérarchique peuvent être utilisées de plusieurs manières. Un exemple serait celui d'une combinaison de services fixes et mobiles dans la même région, lorsque le flux de priorité élevée donne une couverture mobile robuste et le flux de faible priorité donne une réception sur antenne fixe.

c) Intervalle de garde

La MROF, utilisée en DVB-T, présente des périodes de symbole relativement longues en raison de sa nature multiporteuse. Cette période de symbole longue donne une protection contre les brouillages intersymboles causés par la propagation par trajets multiples, protection qui peut toutefois être sensiblement améliorée grâce à l'utilisation d'un intervalle de garde, lequel est une extension cyclique du symbole. Pour parler simplement, une partie du début du symbole est simplement ajoutée à la fin du symbole.

Pour les réseaux à multifréquences, de petits intervalles de garde sont utilisés tandis que pour les réseaux à monofréquence, des intervalles de garde plus grands sont nécessaires. Il y a un compromis entre la longueur de l'intervalle de garde et la capacité de données. Pour une variante DVB-T donnée, une longueur d'intervalle de garde plus importante implique une capacité de données moindre.

2.3.4 Le système RDNIS-T

La radiodiffusion numérique à intégration des services (RDNIS) est une nouvelle forme de radiodiffusion pour les services multimédias. Elle intègre systématiquement plusieurs types de contenus numériques, chacun d'eux pouvant comporter des signaux vidéo allant de la TVFD à la TVHD, des signaux audio multiprogrammes, des graphiques, des textes, etc.

Comme la RDNIS englobe une variété de services, le système doit couvrir un large éventail de spécifications qui peuvent différer d'un service à un autre. Par exemple, une grande capacité de transmission est exigée pour le service TVHD, alors qu'une grande disponibilité de service (ou fiabilité de transmission) est requise pour des services de données tels que la remise de clés pour l'accès conditionnel, le téléchargement de logiciels, etc. Pour pouvoir intégrer ces signaux répondant à des exigences de service différentes, il est souhaitable que les systèmes de transmission offrent une série de systèmes de modulation et/ou de protection contre les erreurs pouvant être sélectionnés et combinés de façon souple, pour satisfaire à toutes les exigences des services intégrés.

Le système RDNIS-T (RDNIS de Terre) a été conçu avec une souplesse de fonctionnement suffisante non seulement pour transmettre les programmes de radiodiffusion télévisuelle ou sonore sous la forme de signaux numériques mais aussi pour offrir des services multimédias dans lesquels sera intégrée une variété d'informations numériques (vidéo, audio, textes et programmes d'ordinateur). Le but est de tirer parti des avantages offerts par les ondes radioélectriques de Terre pour obtenir une réception stable sur des récepteurs mobiles compacts, légers et peu coûteux, s'ajoutant aux récepteurs domestiques intégrés. Pour ce faire, on utilise le procédé MROF à segments.

Le système RDNIS-T fournit des éléments communs d'exploitation et de réception entre la radiodiffusion et les télécommunications numériques par satellite en utilisant le codage et les systèmes de multiplexage MPEG-2.

Il permet aussi un montage multiprogramme souple pour différentes conditions de réception; à cet effet, on procède par transmission hiérarchique dans un canal de transmission. Les modes hiérarchiques sont composés de segments MROF dans lesquels les paramètres de transmission peuvent être indépendants les uns des autres.

Dans un système RDNIS-T, la modulation se fait par MROF à segments. Un flux de transport doit donc être remultiplexé et organisé en groupes de données (segments de données) avant la mise en trames MROF. Après le codage du canal, les segments de données sont transformés en segments MROF. Chaque segment a une largeur de bande B/14 MHz (B désigne la largeur de bande du canal de télévision de Terre; 6, 7 ou 8 MHz selon la région); un segment occupe par conséquent une largeur de bande de 6/14 MHz (~ 428,57 kHz), 7/14 MHz (~ 500 kHz) ou 8/14 MHz (~ 571,29 kHz).

Des signaux pilotes sont ajoutés à chaque segment; ils servent à la commande de configuration de la transmission et du multiplexage (TMCC, *transmission and multiplexing configuration control*). Les porteuses TMCC (signaux pilotes ajoutés) sont utilisées pour définir des paramètres de signalisation liés à la méthode de transmission: codage des canaux, modulation et structure hiérarchique.

Grâce à la segmentation et à l'adjonction des signaux pilotes, chaque segment peut avoir sa propre méthode de protection contre les erreurs et/ou son propre type de modulation (MDP-4 D, MDP-4, MAQ-16 ou MAQ-64). Cela étant, chaque segment peut satisfaire aux spécifications d'un service intégré, et plusieurs segments peuvent être combinés de façon souple pour permettre l'intégration d'un service à large bande (par exemple, TVHD).

2.3.5 Conclusions

Norme	Canaux	Bande de fréquences	Modulation	Normes applicables
ATSC	6 MHz	UHF/VHF	8VSB	A.52/ A.53
DMB-T	8 MHz adaptable 6 et 7 MHz	UHF/VHF	TDS, MROF	Nationale (Chine)
DVB-T	6, 7 et 8 MHz	UHF/VHF	MROF	ETS 300 744
RDNIS-T	6, 7 et 8 MHz	UHF/VHF	Blocs MROF	ARIB

Avec la DVB, différents supports sont possibles:

Système DVB	Bande de fréquences	Modulation	Avantages/inconvénients
DVB-S (Satellite)	<ul style="list-style-type: none"> – Bande C (2-6 GHz) – Bande Ku (10,7-12,75 GHz) 	MDPGG/MDPB/MDP-8 MDP-4	<ul style="list-style-type: none"> – Zones de couverture très étendues – Brouillages dus à l'environnement de transport – Antenne de réception très directive – Pas d'application mobile
DVB-T (de Terre)	Ondes métriques: 174-230 MHz Ondes décimétriques: 470-862 MHz	MROFC	<ul style="list-style-type: none"> – Modulation très forte, insensibilité au brouillage et intervalle de garde/trajets multiples – Mobilité – Zones de couverture limitées
DVB-C (Câble)	116-174 MHz 230-450 MHz	MAQ	<ul style="list-style-type: none"> – L'environnement de transport subit peu de brouillage (moins de correction d'erreurs, plus de débit utile) – Pas de mobilité – Réseau câblé

Ce choix doit être guidé par différents critères:

- a) réglementation;
- b) coordination régionale;
- c) choix de la norme;
- d) capacité en terme de services vis à vis des usagers;
- e) performances techniques;
- f) coûts et disponibilité des équipements y compris les terminaux de l'utilisateur (poste TV et/ou décodeur);
- g) structure du réseau.

Ces différents critères sont explicités ci-après.

a) **Réglementation**

Sans une loi d'habilitation, la télévision numérique ne peut pas entrer en service. De plus, l'organisme national de régulation des fréquences audiovisuelles doit être doté des moyens juridiques (délivrance de licences, redevances éventuelles), ainsi que des moyens de contrôle des fréquences assignées, de la qualité de service (QoS) et du respect des conditions techniques de la licence.

Le texte de loi doit également préciser le nombre de multiplex qui seront déployés (en fonction du nombre de canaux disponibles, des types de services et de l'environnement audiovisuel dans le pays). Il doit préciser un calendrier de déploiement ainsi qu'une date d'arrêt de l'analogique et de la généralisation du numérique. Ce texte de loi ou les décrets associés doivent également préciser les règles à appliquer pour les services payants et le guide électronique des programmes.

Dans un certain nombre de pays, l'introduction de la télévision numérique a amené à une réorganisation des rôles des intervenants de la chaîne de télévision numérique (fournisseurs de contenu, opérateur du bouquet – chargé de la gestion des multiplex et des abonnés – opérateur(s) de réseau, etc.). Nous étudierons la structuration du réseau dans le Chapitre 9 du présent document.

Le déploiement de la télévision numérique nécessite une planification qui se fait sous l'égide de l'UIT. Lors de la session de 2000 du Conseil, il a été décidé de réviser les Plans de Stockholm de 1961 et de Genève de

1989 ainsi que les Plans de Genève, Francfort et Wiesbaden pour aboutir à un nouveau plan d'attribution des fréquences pour la Région 1 ainsi que pour les pays limitrophes de cette Région. En Europe, des groupes de travail, en liaison avec l'UER, ont contribué à ce sujet spécifique pour la préparation de la CRR-04.

b) Coordination régionale

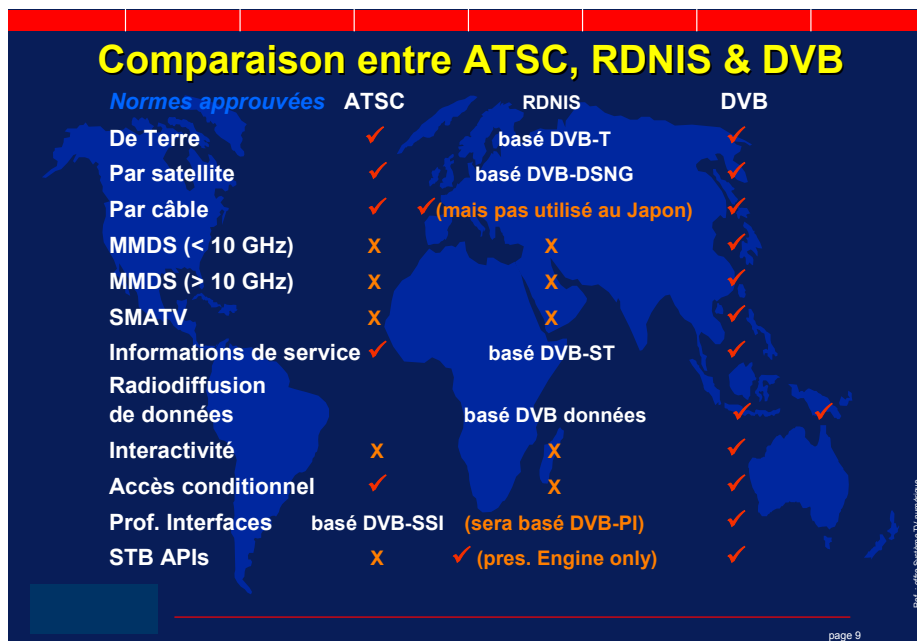
Des plans régionaux d'attribution de fréquences pour la télévision analogique existent au niveau mondial pour près de 117 Etats Membres de l'UIT. Ces plans doivent être révisés en vue du passage à la télévision numérique.

L'existence de normes et de technologies bien déterminés dans les plans nationaux et régionaux pour la télévision analogique génèrent des contraintes pour le choix d'une norme numérique. A titre d'exemple, un pays utilisant des canaux de 8 MHz (SECAM/PAL) sera amené à choisir une norme compatible avec ce plan de fréquences.

De plus, la transmission de signaux audiovisuels numériques par satellite et/ou câble (cuivre ou fibre optique) doit être prise en compte afin d'optimiser les têtes de réseau et d'éviter les normes multiples dans un pays. Certaines normes de télévision numérique comportent une approche système prenant en compte tous les supports de transmission et permettent ainsi d'optimiser l'infrastructure amont et la génération du contenu et des multiplex.

Dans de nombreux cas, des pays frontaliers sont amenés à échanger du contenu et le choix d'une norme commune facilite ces échanges. De la même façon, de nombreux pays utilisent en télévision numérique terrestre des programmes en provenance de pays étrangers, le choix d'une norme compatible facilite l'utilisation de ces contenus au sein des bouquets nationaux.

A titre d'exemple, des pays francophones vont transmettre des émissions en provenance de France, le choix d'une norme incompatible avec la norme européenne impliquerait le déploiement de matériels de transcodage coûteux et qui, par définition, dégraderaient la qualité de l'image et du son d'origine.



Le schéma ci-dessus précise les aspects systèmes couverts par les différentes normes:

c) **Choix de la norme**

Les normes des différents systèmes sont décrites dans la Recommandation UIT-R BT.1306: «Méthodes de correction d'erreur de mise en trame des données, de modulation et d'émission pour la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre». Et pour le plan de fréquences dans la Recommandation ITU-R BT.1368: «Critères de planification des services de télévision numérique par voie hertzienne de Terre dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques».

Réseau existant et disponibilité de canaux de transmission

Un premier pas dans le choix entre les différentes normes consiste à prendre en compte les normes analogiques existantes: NTSC, PAL, SECAM. En effet, un pays utilisant les normes PAL ou SECAM avec une largeur de bande de 8 MHz sera amené à choisir une norme capable de gérer ces canaux. A l'inverse, un pays utilisant une norme PAL ou SECAM ou NTSC avec une canalisation de 6 MHz pourra choisir entre toutes les normes. Il faut cependant noter que l'ATSC n'est compatible, pour des problèmes de filtrage au sein du décodeur, qu'avec les normes M analogiques (NTSC, PAL-M).

Toutes ces considérations sont sujettes à des choix technico-économiques et politiques de la part des autorités gouvernementales des pays.

Systèmes numériques existants et harmonisation des normes

La norme internationale pour la transmission de la télévision numérique par satellite est de facto la norme DVB-S. La norme internationale pour la transmission de la télévision numérique par câble est majoritairement la norme DVB-C. Cela signifie qu'un Etat ou une région disposant de services satellites ou câble optimisera son investissement en choisissant une norme de télévision numérique terrestre cohérente. On peut ainsi imaginer qu'une tête de réseau nationale élabore les multiplex pour les divers médias.

Un autre aspect concerne les pays ou régions qui souhaiteraient réutiliser des contenus existants provenant de l'étranger. Le choix d'une norme compatible avec ces contenus évitera de devoir «transcoder» les contenus en provenance de l'étranger évitant ainsi de devoir investir dans des matériels spécifiques de transcodage généralement coûteux et qui dégradent la qualité des contenus.

Le choix d'une norme compatible permet d'optimiser les investissements, de garantir la qualité du contenu et d'ouvrir les réseaux à des sources de contenu multiples.

d) **Capacité en termes de service vis-à-vis des usagers**

Le choix d'une norme est guidé par les types de services proposés aux usagers potentiels (par exemple, TV définition normale/TV définition améliorée/TVHD, TV seulement/TV, données et radio). Puis, encore plus important, la question de la réception (fixe, mobile ou portable) et de la nature des services (locaux, régionaux ou internationaux). En effet, toutes les normes n'offrent pas les mêmes possibilités en termes d'offre de service, les besoins de l'offre de services fournis à l'utilisateur sont donc déterminants.

Services offerts aux téléspectateurs

- *format image*: format standard (ratio 4:3), format 16/9ème dit EDTV – Enhanced Digital TV – (ratio 16:9), HDTV – Télévision haute définition – (ratio 16/9ème);
- *format audio*: monophonique, stéréophonique, multicanaux (5.1 ou même 6.1); ce dernier type est celui offert par les systèmes de cinéma à la maison mettant en œuvre un lecteur de DVD;
- *capacité d'interactivité et services de type internet*.

Le type d'image, de son et de contenu va permettre de définir les débits moyens nécessaires afin d'obtenir une qualité nécessaire au succès commercial de la télévision numérique terrestre. A titre d'exemple, des retransmissions sportives nécessitent des débits de l'ordre de 5 à 7 Mbit/s et dans un multiplex de 24 Mbit/s, il n'est pas envisageable avec une qualité acceptable de transmettre plus de 4 programmes de ce type.

La transmission de radio ou son multicanaux est envisageable, mais il faudra que cela réponde aux besoins des téléspectateurs, d'une part, et, d'autre part, à leur capacité d'investissement.

Par ailleurs, le choix de services interactifs peut avoir un impact sur la structure du réseau. En effet, si l'on désire disposer d'accès à l'internet «rapide», la problématique du réseau de transmission revient à celle d'un réseau de type télécommunication et nécessite de nombreux petits émetteurs proches des utilisateurs (maillage de type télécommunication).

Conditions de réception pour le téléspectateur

De nombreux foyers sont d'ores et déjà équipés d'un récepteur fixe avec antenne de toiture et souvent d'un récepteur portable équipé d'une antenne «fouet». Le passage à la télévision numérique doit prendre en compte les diverses possibilités de réception:

- fixe (à l'intérieur du domicile);
- portable (à l'intérieur et à l'extérieur du domicile);
- mobile (faible vitesse <5 km/h, 5 km/h< réception mobile en ville <60 km/h, 60 km/h< réception mobile sur les autoroutes <180 km/h et réception haute vitesse au-delà de 180 km/h).

En effet, l'attribution des canaux, la puissance des émetteurs, la nécessité de disposer de répéteurs locaux pour faciliter la réception dans les immeubles en béton par exemple, la structure du réseau (zones de couverture et réseau monofréquence – SFN – ou multifréquence – MFN –) dépendent des choix de types de réception.

Le tableau ci-dessous synthétise les performances relatives des différentes normes selon le mode de réception:

Systèmes TV	Réception fixe	Réception portable (à l'intérieur)	Réception portable (à l'extérieur)	Mobilité faible vitesse (<5 km/h)	Mobilité en ville (5 km/h <60 km/h)	Mobilité sur les autoroutes (<60 km/h <180 km/h)	Mobilité haute vitesse au-delà de 180 km/h
ATSC	***	*					
DMB-T	***						
DVB-T	***	***	***	***	***	** ⁽¹⁾	***
RDNIS-T	***	***	***	***	***	***	***

⁽¹⁾ Des travaux sont en cours au sein du consortium DVB pour proposer un mode spécifique mobile très performant.

Source des programmes

La source des programmes peut être d'origine:

- nationale;
- internationale;
- locale.

Une source nationale implique de disposer de studios numériques afin de bénéficier d'une qualité d'image et de son les plus parfaits possible. Les programmes nationaux sont compressés et multiplexés dans une tête de réseau nationale. Puis le ou les multiplex sont distribués par le réseau de contribution qui amène les signaux numériques *jusqu'aux émetteurs* ou aux têtes de réseaux locales.

Des sources de contenu internationales impliquent, d'une part, d'abord des accords commerciaux avec les radiodiffuseurs propriétaires des droits et peuvent nécessiter des contrats avec les *ayants droit*.

La norme utilisée pour acheminer ces programmes par satellite, par exemple, sera en général DVB-S. Il faudra mettre en œuvre dans le cas le plus défavorable des transcodeurs puis des multiplexeurs pour recréer le nouveau multiplex ou bien dans le meilleur cas nécessiter la mise en œuvre de transmultiplexeurs qui vont extraire les programmes repris dans le multiplex satellite (36 Mbit/s) pour être assemblés dans un multiplex de 24 Mbit/s dans le cas, par exemple, de canaux de 8 MHz.

Le fait de disposer de chaînes locales implique des studios locaux et des têtes de réseaux locaux qui vont supprimer le programme initial et insérer le programme local. Seul un réseau national basé sur une approche dite MFN permet de disposer de chaînes locales. Au contraire, le choix d'un réseau de type SFN (monofréquence) implique que le contenu des multiplex soit strictement identique. Ce qui n'est pas le cas avec les programmes locaux différents d'une ville ou d'une région à une autre. Il est à noter que seules les normes basées sur une modulation multiporteuse permettent de déployer des réseaux SFN (DVB, RDNIS ou DMB).

e) Performances techniques

Dans le paragraphe précédent, nous avons abordé les contraintes liées aux réseaux MFN (multifréquence) ou SFN (monofréquence).

En synthèse, un réseau de type SFN est avantageux en termes de gestion des fréquences si un même multiplex est diffusé de manière identique dans tout le pays. Un réseau SFN est également envisageable pour des services (multiplex) identiques sur une ville ou une région. Il présente également un intérêt important le long des autoroutes et des lignes de chemins de fer afin d'assurer une continuité de service sans interruption entre deux émetteurs successifs.

Par contre, un réseau SFN national proscrit les services interactifs ainsi que les services locaux. Les réseaux MFN nécessitent une gestion des fréquences proches de la télévision analogique, hormis le fait que les canaux adjacents sont exploitables contrairement à l'analogique.

	Satellite	Câble	Voie hertzienne de Terre
Europe	DVB-S (1995) ≈ 8 M	DVB-C (1998) ≈ 1,2 M	DVB-T (1998) ≈ 1,0 M
Etats-unis	DSS (1994) ≈ 8 M (DVB-S V0.9) DVB-S (1996) ≈ 4,8 M	OpenCable (1998) ≈ 3-4 M (DVB-C V1.05) DVB-C ≈ 1 M	ATSC (1998) ≈ 50k
Japon	RDNIS-S (12/2000)? DVB-S (1996) ≈ 2,2 M	DVB-C (DVB-C V1.05)	RDNIS-T (2006?)
Chine	DVB-S	DVB-C	DVB-T et DMB-T

Nombre de décodeurs en service, selon la norme (2001)

Il ressort clairement du tableau que les boîtiers compatibles avec la norme DVB sont les plus nombreux actuellement en service. En raison de la conception de système de radiodiffusion vidéonumérique, seuls les changements de mode d'exploitation entre DVB-S, DVB-C et DVB-T exigent le remplacement du démodulateur, sans modification des autres éléments du décodeur. On trouve sur le marché un vaste éventail de décodeurs, depuis les simples «changeurs de chaîne», jusqu'aux décodeurs interactifs haut de gamme, dont certains sont même équipés de leur propre mémoire de masse, offrant ainsi une capacité d'enregistrement vidéonumérique.

f) Passage au numérique

1) Introduction d'émetteurs de télévision numérique dans un réseau analogique

Au cours de la phase initiale du lancement de la télévision numérique dans un pays ou une région, il est recommandé de réserver des bandes de réseau à fréquence unique empruntant les voies d'acheminement et les lignes ferroviaires principales. Bien que la télévision sur récepteur mobile ne soit pas nécessairement disponible d'emblée, il convient de prendre des dispositions en vue de cette évolution inéluctable, pour éviter de devoir remanier le plan de fréquences dans quelques années.

Si la mise en place de services locaux ou de services interactifs n'est pas prévue, il est possible d'attribuer au réseau national une ou plusieurs bandes RFU, ainsi qu'un ou plusieurs multiplex, sous réserve des contraintes définies au paragraphe précédent (absence d'interactivité ou de services locaux sur ces fréquences).

Tel qu'indiqué plus haut, il faut également prendre en considération les contraintes associées aux pays voisins.

L'approche adoptée par la suite consiste dans la mesure du possible à effectuer de nouvelles attributions immédiatement au-dessous des canaux numériques existants.

Dans les zones urbaines et autres à l'intérieur desquelles la mise en place de services interactifs à haut débit est prévue, il faut réserver des sites d'émetteur à proximité des usagers, à raison de trois fréquences sectorisées par site. Cette approche utilise trois fréquences pour réduire au minimum le brouillage et obtenir le débit de canal le plus élevé.

2) Formation: création de l'infrastructure numérique

La complexité de la technologie numérique exige la mise en place d'une formation pour les équipes chargées d'exploiter les têtes de ligne numériques et les sites d'émetteur. Il faut en effet prévoir rapidement cette formation pour assurer au plus tôt la disponibilité opérationnelle des installations et garantir la présence des compétences nécessaires à la gestion et au contrôle des tâches liées au déploiement. De plus, les spécialistes de l'équipe préalablement formée seront en mesure de transmettre leurs compétences à leurs collègues et de diffuser ainsi leur savoir-faire par l'intermédiaire du personnel de l'opérateur TNT.

En prévision de ce besoin, des constructeurs ont commencé à proposer ce type de formation, en adoptant conjointement une approche par étapes pour l'introduction de la technologie numérique, et en proposant des kits de base constitués des composants nécessaires aux activités pédagogiques et aux essais indispensables. Ces éléments peuvent ensuite former le noyau autour duquel les composants complémentaires du système numérique peuvent être ajoutés pour pouvoir fournir ultérieurement la gamme complète des services destinés aux téléspectateurs.

g) Structure du réseau

Dans de nombreux pays, les radiodiffuseurs exploitent eux-mêmes le réseau de transmission analogique, en utilisant des bandes de fréquences qui leur ont été attribuées soit localement soit au niveau national.

Dans certains autres pays, les fournisseurs de contenus s'adressent à un ou des opérateurs de réseau qui assurent la diffusion des programmes pour le compte de tous.

L'introduction de la télévision numérique terrestre entraîne l'apparition d'un nouveau type d'opérateur: l'opérateur du ou des multiplex, dont le rôle est de créer les multiplex conformément à la loi audiovisuelle et sur la base de contrats signés avec les fournisseurs de contenus (garantie de service, de qualité, etc.). Ce qui d'ailleurs explique la nécessité de mettre en place des outils de mesure de la qualité de service (QoS) qui permettent de vérifier le respect des engagements contractuels entre les partenaires.

L'opérateur de multiplex va gérer les abonnés (facturation, gestion du contrôle d'accès, ...) pour le compte des radiodiffuseurs et les redistribuera dans le cadre contractuel. Dans le cas de services interactifs, l'opérateur gèrera les achats en ligne, les achats d'émission «impulsifs», et se rémunérera sur ces services. Un autre rôle essentiel de l'opérateur de multiplex consiste à préparer le contenu du guide électronique des programmes et d'assurer la gestion des données de service (SI ou PSI).

Cette évolution d'organisation du réseau doit être prise en compte en amont lors de la préparation de la loi audiovisuelle afin que l'organisme chargé de la gestion des fréquences et des licences d'émission soit à même de lancer les divers appels d'offres sur la base de cahiers des charges et donc ensuite de choisir les divers opérateurs:

- fournisseurs de contenu;
- opérateurs de multiplex;
- opérateurs de réseau.

Dans certains pays, il peut y avoir plusieurs opérateurs de multiplex et plusieurs opérateurs de réseau. A l'inverse, il est également possible que l'opérateur de réseau et de multiplex soit une seule et même entité. De plus, certains radiodiffuseurs peuvent postuler pour exploiter les multiplex.

2.4 Radiodiffusion numérique filaire

Dans le domaine de l'accès par réseau étendu, de nombreuses technologies filaires sont à présent en concurrence pour se faire accepter du marché et en prendre une part. Ces technologies sont issues des environnements réseau étendu et réseau local et comprennent par exemple, le mode de transfert asynchrone, le relais de trame Ethernet commuté, différentes technologies de transmission de données par câble coaxial (CATV), et la famille des technologies à ligne d'accès numérique (DSL).

Les compagnies locales de téléphone proposent actuellement des services RNIS résidentiels assurant des vitesses de connexion pouvant atteindre 128 kbit/s et étudient des technologies DSL pouvant offrir des débits descendants supérieurs à 1,5 Mbit/s. Parmi les autres alternatives figurent les liaisons de données descendantes rapides des satellites de radiodiffusion directe (DBS), les fournisseurs d'accès hertzien fixe et évidemment les câblo-modems à haut débit.

Avec dans certains pays une couverture pratiquement universelle, la câblodiffusion par câble coaxial large bande constitue une plate-forme efficace pour doter les résidences et les petites entreprises d'un accès haut débit de transmission de données. Toutefois, les systèmes de télévision par câble unidirectionnel doivent être transformés en réseaux modernes bidirectionnels propres à assurer des services évolués de communication, ce qui représente un projet techniquement complexe à forte intensité de capital.

Technologie DSL

Le lancement de nouveaux services utilisant des signaux numériques dont les débits binaires sont de plus en plus élevés exige soit d'étendre la largeur de bande disponible des boucles d'abonné existantes en faisant appel à des technologies évoluées, soit de remplacer les paires torsadées par des moyens de transmission large bande, tels que les transmissions par câbles à fibre optique/câbles coaxiaux, ou les transmissions hertziennes.

Historiquement, les lignes d'abonné sont constituées de paires torsadées montées dans des câbles. Les lignes d'abonné ont fait l'objet d'études depuis de nombreuses années et sont définies par le type de câble, la longueur de câble, la structure de ligne et les sources de bruit. Le spectre normalement employé pour les signaux à fréquences vocales allant jusqu'à 4 kHz, peut être étendu jusqu'à environ 500 kHz afin d'assurer la transmission de signaux numériques grâce aux technologies DSL. Les coûts considérables liés au remplacement des lignes d'abonné existantes et l'évolution concomitante dans le domaine du traitement du signal numérique ont influé sur la mise au point des technologies DSL de façon à mieux utiliser la largeur de bande disponible et pouvoir acheminer des débits plus élevés. Dans certains cas, les signaux téléphoniques du service de base peuvent utiliser la même ligne d'abonné que les signaux DSL.

Les principaux systèmes DSL sont les suivants:

Les lignes d'abonné numériques à haute vitesse (HDSL) représentent la technologie qui correspond à la technologie DSL dont le déploiement a été le plus important; celle-ci utilise deux ou trois paires torsadées. La plupart des réalisations permettent d'obtenir une liaison symétrique à 1,5 Mbit/s (T1) ou 2 Mbit/s (E1) jusqu'à 300 m du central téléphonique. Le recours à des régénérateurs permet d'augmenter cette distance.

La technologie ADSL offre à court terme les principales possibilités d'accès large bande destinées à différents marchés: particuliers, petites entreprises et industries domestiques. Une largeur de bande plus importante est allouée au trafic depuis le fournisseur de services jusqu'à l'abonné (liaison descendante) par comparaison au trafic entre l'abonné et le fournisseur de services (liaison montante). Les allocations de largeur de bande autorisent simultanément un trafic téléphonique de base ou RNIS. Il existe deux versions de la technologie ADSL: l'ADSL à plein débit, qui utilise une largeur de bande d'environ 1 MHz et l'ADSL à débit réduit qui utilise une largeur de bande d'environ 0,5 MHz; l'ADSL à plein débit exige des installations munies d'un filtre répartiteur, tandis que l'ADSL à débit réduit fonctionne sans ou exige des installations simplifiées munies d'un filtre en ligne.

Les lignes d'abonné numériques à très haut débit (VDSL) sont conçues pour des débits nettement plus élevés et pour des éloignements très réduits des circuits d'abonné. La technologie VDSL est souvent mise en œuvre avec des installations à fibre optique et, à l'aide de filtres répartiteurs autorise simultanément un trafic téléphonique ordinaire.

Câblodiffusion

Les systèmes de câblodiffusion ont été conçus au départ pour acheminer des signaux de radiodiffusion télévisuelle de façon efficace jusqu'au domicile des abonnés. Pour garantir aux consommateurs d'être desservis par câble au moyen du même poste utilisé pour recevoir les signaux de télévision diffusés par voie hertzienne, les câblo-opérateurs ont reconstitué une fraction du spectre des radiofréquences hertziennes à l'intérieur d'un câble coaxial scellé.

Les réseaux classiques à câble coaxial fonctionnent généralement avec une capacité de 330 MHz ou 450 MHz, tandis que les réseaux modernes hybrides à fibre optique/câble coaxial (HFC) ont été dotés d'une capacité étendue à 750 MHz ou davantage.

Logiquement, les signaux de programmation vidéo de la liaison descendante utilisent environ 50 MHz, l'équivalent du canal 2 pour les signaux de télévision hertziens. La portion allant de 5 MHz à 42 MHz du spectre est généralement réservée aux liaisons montantes à partir du domicile des abonnés. Par conséquent, un système traditionnel de câblodiffusion, doté d'une largeur de bande de 400 MHz pour la liaison descendante, peut acheminer l'équivalent de 60 canaux de télévision analogique, tandis qu'un système moderne de type HFC doté d'une largeur de bande de 700 MHz sur sa liaison descendante est en mesure d'acheminer environ 110 canaux.

Réseaux d'accès par modems câbles

L'acheminement par câble des services de données utilise un canal de télévision (dans la bande 50-750 MHz) généralement alloué au trafic descendant vers les domiciles d'abonné et un autre canal (dans la bande 5-42 MHz) pour l'acheminement des signaux montants.

Un système de terminaison de modems câbles de tête de réseau communique par ces canaux avec les modems câbles situés chez les abonnés afin de créer un réseau local virtuel. La plupart des modems câbles sont des dispositifs externes reliés à un ordinateur personnel (PC) par une carte standard Ethernet 10 Mbit/s ou une prise USB, bien qu'il existe également des modems câbles sur carte PCI. Le trafic selon les protocoles de niveau 3 (réseau) de l'ISO, par exemple le trafic IP, peut être acheminé de façon transparente par la plate forme du modem câble jusqu'aux utilisateurs finaux.

Un seul canal de télévision descendant de 6 MHz peut prendre en charge un débit de données pouvant atteindre 27 Mbit/s, depuis la tête de réseau câblé en faisant appel à la technique de transmission MAQ-64 (modulation d'amplitude en quadrature). La technologie MAQ-256 permet d'augmenter ces débits jusqu'à 36 Mbit/s. Les canaux montants peuvent acheminer de 500 kbit/s à 10 Mbit/s, depuis le domicile des abonnés au moyen des techniques de modulation MAQ-16 ou MDPQ, selon la quantité de spectre allouée au service. Cette largeur de bande montante et descendante est partagée entre les abonnés en ligne au service de données, reliés à un segment déterminé du réseau câblé, généralement de 500 à 2000 foyers sur un réseau HFC moderne.

Efficacité d'une plate-forme réseau partagée

La plupart des réseaux à modems câbles fonctionnent au moyen d'une plate-forme d'accès partagé, de la même façon qu'un réseau local d'entreprise. A la différence des réseaux téléphoniques à commutation de circuits, dans lesquels une liaison spécialisée est allouée à un demandeur, les utilisateurs de modems câbles n'occupent pas une quantité fixée de largeur de bande au cours de leur session en ligne. En fait, ils partagent le réseau avec d'autres utilisateurs actifs et utilisent les ressources du réseau uniquement lorsqu'ils envoient ou reçoivent effectivement des données par salves rapides. De cette façon, au lieu d'allouer 135 kbit/s à chacun des 200 utilisateurs en ligne du réseau câblé, ces derniers peuvent utiliser toute la largeur de bande disponible au cours de la milliseconde pendant laquelle ils ont besoin de télécharger leurs paquets de données – jusqu'à un nombre élevé de Mbit/s.

Si un encombrement commence à se manifester en raison de ce niveau élevé d'utilisation, les câblo-opérateurs ont la possibilité d'affecter une largeur de bande supplémentaire aux services de données. Ainsi, un câblo-opérateur peut allouer aux transmissions de données à haut débit un canal vidéo supplémentaire de 6 MHz, doublant ainsi la largeur de bande de la liaison descendante vers les usagers. Une autre option permettant d'augmenter la largeur de bande consiste à subdiviser le réseau câblé matériel en enterrant à une plus grande profondeur les lignes de câbles optiques. Cette façon de procéder réduit le nombre de foyers desservis par chaque segment de réseau et augmente par conséquent la largeur de bande dont peuvent disposer les utilisateurs finaux.

2.5 Convergence et interactivité

En ce qui concerne les pays en développement, la suppression de la fracture numérique et le passage à la société de l'information (c'est-à-dire le fait de garantir un large accès de la population aux services modernes d'information) ont deux implications majeures:

- a) La fourniture d'un accès de masse à l'internet et à différentes bases de données multimédias spécialisées, au moyen de plusieurs services numériques interactifs spécialisés (systèmes de téléenseignement, programmes éducatifs, jeux en réseau, services bancaires à domicile et au bureau par visioconférence de qualité supérieure et de qualité classique (à faible débit), informations sur demande, service de télé santé, communications d'entreprise, y compris mise au point finale à distance d'accords commerciaux par signature électronique, systèmes de télétravail à domicile, vidéo à la demande, visiophonie, CD-ROM virtuel, etc.).
- b) Passage à la radiodiffusion numérique interactive de masse.

2.5.1 Diffusion de données fondée sur la radiodiffusion numérique. Internet fondé sur les méthodes de carrousel/web

Les particularités des réseaux de télécommunication et de radiodiffusion des pays en développement sont dans de nombreux cas de telle nature que la résolution simultanée des deux problématiques susmentionnées s'avère judicieuse. En fait, cela consiste à faire appel aux systèmes de radiodiffusion pour que la population puisse accéder à l'internet. Cette approche semble se justifier pour les deux raisons suivantes:

- 1) Extension souvent insuffisante des réseaux de télécommunication des pays en développement: ramification trop faible ne permettant pas de mettre les canaux de communication à la disposition des utilisateurs individuels, autrement dit fourniture globalement insuffisante de services de téléphonie à la population et – par voie de conséquence – absence des canaux assurant les modalités les plus simples et les plus répandues d'accès à l'internet (accès fondé sur le RTPC).
- 2) Très petit nombre d'ordinateurs personnels dans la population.
- 3) Réseau relativement développé de radiodiffusion analogique qui dans la plupart des cas, couvre la totalité du territoire d'un pays ou du moins sa plus grande partie.
- 4) Niveau d'équipement relativement élevé de la population en récepteur de télévision.

Dans ces conditions, un moyen rapide et relativement peu coûteux de résoudre le problème consiste à organiser l'accès de la population à l'internet ainsi que les services fondés sur le web en s'appuyant sur la radiodiffusion télévisuelle numérique. Cette option se compose des trois principaux éléments suivants:

- a) Passage à la radiodiffusion télévisuelle numérique en mettant à profit autant que possible le réseau existant de radiodiffusion télévisuelle analogique, en faisant appel aux technologies mixtes numériques-analogiques, c'est-à-dire aux émetteurs hybrides adaptés conjointement à la radiodiffusion analogique et numérique. Dans ce cas, les émetteurs analogiques en fin de vie sont remplacés par des émetteurs dotés de caractéristiques améliorées de linéarité en fréquence et en phase (modernisation des émetteurs existants dans le même but) et complétés par des modulateurs de signaux numériques de télévision (par exemple DVB-T). Ce type de réutilisation des émetteurs analogiques autorise une radiodiffusion télévisuelle numérique dans les mêmes bandes que celles utilisées auparavant pour la radiodiffusion analogique, ce qui simplifie et facilite la planification des fréquences.
- b) Insertion (encapsulage) de services modernes d'information-communication (essentiellement internet et les services de type web) au flux de radiodiffusion télévisuelle numérique.
- c) Fourniture à la population de récepteurs de radiodiffusion télévisuelle numérique performants et bon marché (normalement 10 à 15 fois moins cher qu'un ordinateur personnel). Ces équipements devraient en outre assurer des fonctionnalités interactives, notamment la présentation des pages web sur un écran de télévision de définition standard et offrir une compatibilité avec tous les types de postes de télévision analogique dont la population est équipée (notamment les postes démodés sans sortie basse fréquence).

Fondée sur l'omniprésence des moyens de radiodiffusion, l'approche en question n'interdit pas la possibilité d'offrir à la population l'accès à l'internet et aux services du web par les moyens classiques (modernisation et reconstruction au niveau mondial du réseau de télécommunication, accélérées par le développement du RTPC, création de réseaux de câblodistribution à domicile de nouvelle génération, fondés sur les technologies HFC); toutefois, nettement moins coûteuse tant pour les administrations que pour la population, cette solution offre un moyen rapide et efficace d'éliminer la fracture numérique. Naturellement, ces deux approches ne sont pas contradictoires et peuvent être mises en œuvre simultanément.

Pour mettre en œuvre cette approche, la fourniture de données au domicile de l'utilisateur utilise un boîtier décodeur et non un ordinateur personnel. Les sections suivantes passeront en revue un large éventail de questions concernant les spécifications de ce type de boîtier, sa prise en charge des fonctions interactives et de la présentation d'internet sur un écran de télévision, le logiciel nécessaire à cet effet, la garantie de l'universalité et de l'indépendance de la plate-forme liée à ce logiciel et, enfin, l'organisation des canaux de retour des boîtiers d'utilisateur. Dans la présente section, nous étudions l'aspect transmission de l'émission de la radiodiffusion d'internet et principalement les moyens d'insertion (encapsulage) de l'internet et de différents services modernes d'information et de communication dans le flux numérique de radiodiffusion télévisuelle et sonore reçu par le boîtier de l'utilisateur.

2.5.1.1 Encapsulage des données des services modernes d'information et de communication (notamment de radiodiffusion d'internet et des services multimédias de type web) dans le canal conteneur de radiodiffusion télévisuelle numérique (constituant le flux de données d'un système polyvalent de radiodiffusion télévisuelle interactive)

2.5.1.1.1 Moyens d'organisation de la radiodiffusion de données conformément aux spécifications DVB

L'inclusion de pages web dans le signal de radiodiffusion DTV permet aux spectateurs de télévision numérique d'accéder à l'internet, ce qui revient pratiquement à transmettre l'internet en faisant appel aux moyens et aux procédures techniques de la radiodiffusion numérique. L'acheminement des services de données avec les programmes télévisuels et radiophoniques numériques déterminera probablement la réussite du passage des médias analogiques aux médias dits numériques. La fourniture de services supplémentaires et de nouvelles applications stimule beaucoup plus la télévision et la radio numériques que la seule mise en place de canaux supplémentaires de radio et de télévision. Une passerelle IP/DVB (encapsulateur) qui transforme les données conformément au format du flux de transport DVB constitue le principal élément de

cette configuration qui le distingue d'un système DVB purement télévisuel. Il y a plusieurs années, les adaptateurs DVB destinés à la réception de données étaient généralement fabriqués par des entreprises qui réalisaient elles-mêmes les passerelles IP/DVB. Actuellement, la normalisation des méthodes de transmission de données dans les systèmes DVB permet à un nombre croissant d'industriels de fabriquer des adaptateurs sur des microplaquettes toutes faites. Afin de normaliser ces dispositifs, les spécifications DVB supposent que les données peuvent être diffusées par l'une des cinq méthodes suivantes:

Traitement pipeline des données – les portions de données sont acheminées par paquets de transport. Il n'y a pas de synchronisation entre les paquets de données et les autres paquets PES.

Flux continu de données – les données sont mises sous la forme d'un flux contigu qui ne peut être qu'asynchrone (c'est-à-dire ne comportant aucun repère temporel, comme c'est le cas avec les paquets de données internet).

Radiodiffusion synchrone, c'est-à-dire liée à des données d'horloge de radiodiffusion valables en permanence, afin d'émuler un canal de communication synchrone.

Radiodiffusion synchronisée, c'est-à-dire liée par des repères temporels à des éléments internes du décodeur et par ces mêmes moyens, aux autres paquets PES (comme dans la représentation d'enregistrements vidéo). Les données sont acheminées par le paquet PES proprement dit.

Encapsulage multiprotocole (MPE), actuellement la technologie la plus répandue. Elle s'appuie sur le protocole DSM-CC (commande et contrôle de supports d'enregistrement numérique) et sert à émuler le réseau local pendant l'échange de paquets de données.

2.5.1.1.2 Carrousel web: procédure de base pour l'encapsulage de données internet dans le flux de radiodiffusion numérique

Tout carrousel de données s'apparente à un plan d'assemblage en mémoire tampon de jeux de données susceptibles d'être répétés indéfiniment par des télédiffusions périodiques. Le format ou le type des jeux de données est sans importance. On peut citer à titre d'exemple la radiodiffusion de données par les guides électroniques de programmation (EPG, *electronic program guides*). La radiodiffusion de données utilise ses sections DSM-CC de taille fixe. Les fichiers, par exemple des pages web, sont transmis de façon cyclique. Du fait qu'un accès à l'internet complet avec un temps d'attente réduit en radiodiffusion est réalisable uniquement par la répétition cyclique des données internet radiodiffusées, la procédure de base est alors qualifiée de «Carrousel web» – répétition périodique d'une série de sites internet dans le flux de données de radiodiffusion de télévision numérique (Figure 3). Le carrousel web modifie les protocoles bidirectionnels, tels que le protocole http, pour le transformer en protocole unidirectionnel (UHTTP). De plus, les mécanismes de carrousel définis par le forum ATVEF sont pris en charge. Tous les types de fichiers, pages web, images, fichiers MP3, annonces de films, programmes informatiques et bases de données peuvent être transmis. Si un carrousel transmet des fichiers vidéo ou audio, il faudra tenir compte du fait que – contrairement aux méthodes de diffusion continue – ces fichiers peuvent être utilisés une fois seulement leur réception terminée, et après sauvegarde de l'intégralité du fichier. Le transfert en continu en direct sur l'internet exige en outre que le connecteur de flux soit côté introducteur et le lecteur de média côté récepteur.

La durée d'un cycle du carrousel est définie par la quantité de données et la largeur de bande disponible pour le service de transmission de données. Une fois ce temps écoulé, tous les récepteurs auront reçu un exemplaire du contenu qu'ils peuvent ensuite utiliser. L'interactivité locale est ainsi obtenue sans aucun canal de retour. L'utilisateur peut naviguer sans restriction à l'intérieur de son contenu et s'en servir. Le contenu doit être associé au système de radiodiffusion, autrement dit, il doit intéresser simultanément un grand nombre d'utilisateurs.

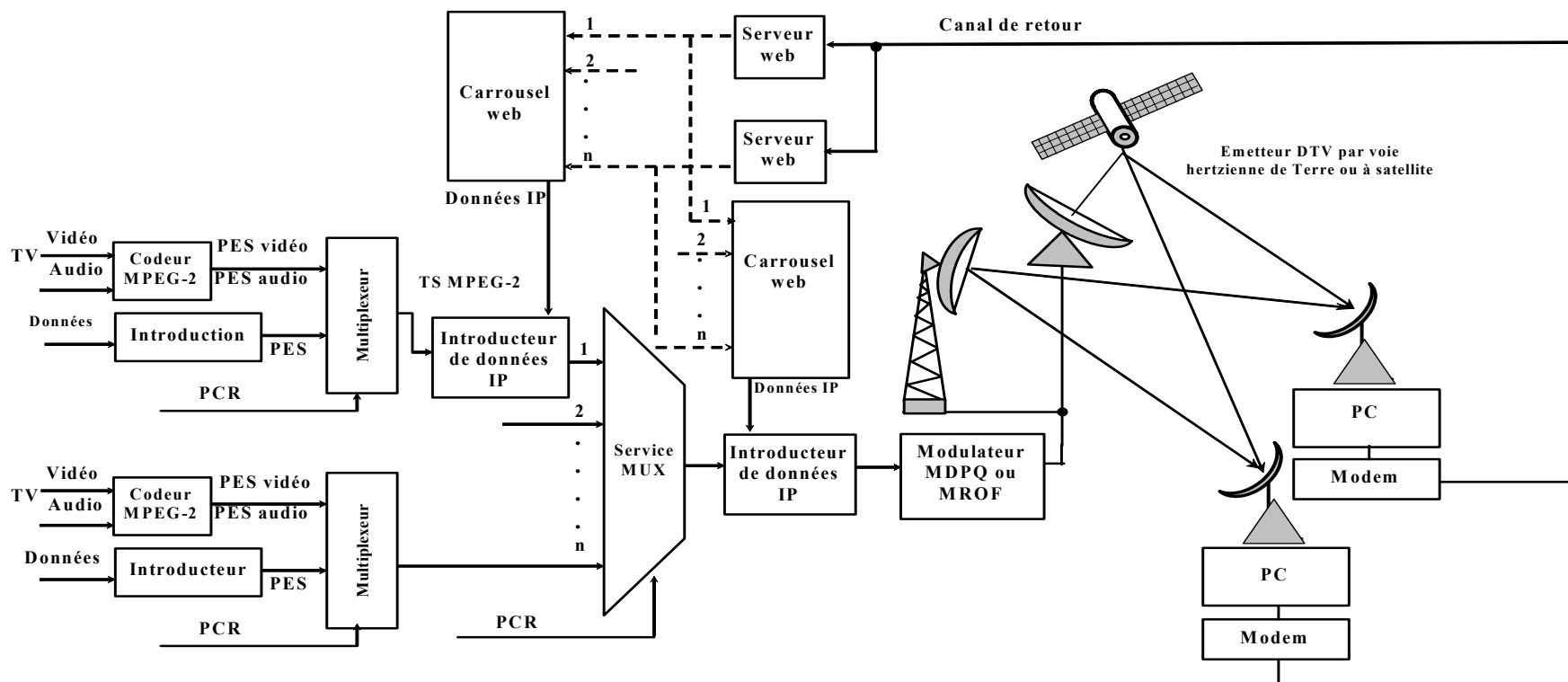
Les carrousels présentent en outre l'avantage de faciliter la correction des erreurs de transmission. En cas de perte de paquets, par exemple, sur une liaison de transmission par voie hertzienne de Terre ou même mobile, les fichiers correspondants ne sont pas prêts à être utilisés tant que la totalité du paquet n'a pas été

correctement reçue. Puisque les notifications concernant les erreurs de transmission sont impossibles, en particulier lorsque des milliers de récepteurs ont des problèmes similaires, la correction interviendra lors du cycle de carrousel suivant. Cela suffit parfaitement pour de nombreuses applications, notamment pour les présentations d'informations fondées sur le web.

Il en résulte une utilisation nettement plus rentable des liaisons internet par câble, par téléphone ou par téléphone mobile et une largeur de bande nettement accrue pour l'acheminement du contenu grand public.

Un carrousel objet est un carrousel qui fait défiler les carrousels de données. Initialement, il a été conçu pour fournir des services de radiodiffusion. Les jeux de données sont spécifiés dans le protocole indépendant de réseau DVB et peuvent servir par exemple à télécharger des données dans des décodeurs DVB.

Figure 3 – Accès internet par carousel web pour téléspectateurs de radiodiffusion télévisuelle numérique



L'utilisation des schémas d'encapsulation multiprotocole (MPE) est recommandée pour la radiodiffusion de données internet. L'attribution à chaque format de données d'un code enregistré d'information de service (*SI service information*) assure la compatibilité en retour avec les schémas de radiodiffusion de données non standard qui utilisent des équipements de transmission pipeline/par flux continu. Chaque code SI reconnu est traité par le récepteur/décodeur et assure la prise en charge d'un codage non standard par le matériel correspondant.

Format des données internet à encapsuler dans les flux de radiodiffusion numérique, télévisuelle et radiophonique

Les paquets de données IP sont introduits dans les flux de transport MPEG-2 conformément à la norme d'encapsulation multiprotocole fondée sur la spécification DSM-CC (conformément à la norme internationale ISO/CEI 13818-6).

Dans les systèmes de radiodiffusion audionumérique (DAB) les paquets IP sont introduits en tant que données en mode paquet et données non associées au programme, conformément aux normes ES 201 735 et TS 101 795.

Débits de transmission des données encapsulées dans les flux de radiodiffusion télévisuelle et sonore numérique

La valeur maximum du débit de transmission de données dépend de deux paramètres:

- le débit de transmission total possible du signal de radiodiffusion modulé;
- la capacité partielle disponible pour les données.

La première valeur est définie essentiellement par la modulation. Celle-ci peut s'effectuer normalement à un débit de 14 à 24 Mbit/s pour la DVB-T et environ 1,5 Mbit/s en radiodiffusion audionumérique. Normalement, un service de données est offert en tant que fonctionnalité supplémentaire d'un programme de radiodiffusion. Autrement dit, les principales applications sont constituées par les programmes de télévision ou de radio, tandis qu'une partie de la largeur de bande est affectée à la transmission de services de données. La partie utilisable de la largeur de bande peut être proposée sous deux formes différentes:

- libre, non associé à un programme, sous la forme de paquets vides;
- largeur de bande fixe et définie constituée et allouée à des services de données.

Les paquets vides résultent du caractère statistique des contenus vidéo en format MPEG-2. Ils existent uniquement en radiodiffusion vidéo numérique. En radiodiffusion audionumérique, la largeur de bande destinée au service de données doit toujours être réservée et installée.

Ces paquets vides correspondent à des ressources effectivement disponibles, et peuvent être remplis par des données sans aucune modification des programmes en cours de fonctionnement. Le remplissage par des données est l'une des fonctions essentielles de l'introducteur IP (encapsulateur).

Etant donné que les paquets vides ont un caractère statistique et que leur nombre dépend du contenu de l'image, et aussi des multiplexeurs de programmes utilisés, il n'y a aucune garantie quant à la largeur de bande disponible, ni quant au temps de transmission offert.

Pour les programmes de télévision, il est possible d'utiliser des multiplexeurs statistiques modernes. Ces derniers gèrent les paquets vides de façon à permettre l'utilisation temporaire par d'autres programmes des ressources libres d'un programme particulier, dans le but d'améliorer leur qualité (augmentation de la largeur de bande). Avec cette méthode, les largeurs de bandes disponibles grâce aux scènes sans mouvement sont utilisées par les scènes plus dynamiques des autres programmes; après multiplexage, le nombre de paquets vides disponibles peut donc être insuffisant. Une mise en commun variable de la totalité de la largeur de bande entre tous les programmes de télévision permettrait d'optimiser la situation.

Les largeurs de bandes sont parfaitement utilisables en radiodiffusion vidéo numérique de 500 kbits/s à 1 Mbit/s. Cette valeur est excellente dans la liaison de dernière ligne droite par comparaison à tous les autres débits de transmission internet, notamment en réception mobile.

En radiodiffusion audionumérique, des débits de données allant de 64 kbit/s à 512 kbit/s pourraient être atteints. La transmission des radios internet par radiodiffusion audionumérique exige une bande passante très importante, qui correspond nécessairement aux nombreux programmes transmis entre temps par des méthodes de codage audio de type MP3 ou par d'autres méthodes nouvelles. Cette façon de procéder permettrait de transmettre 4 fois plus de programmes de qualité modulation de fréquence.

Acheminement

Les données introduites (paquets IP) doivent être attribuées à des sous-canaux du système de radiodiffusion. Dans les systèmes de radiodiffusion vidéo numérique, l'identificateur de paquet PID répartit la largeur de bande totale en connexions logiques et en canaux partiels. Les connexions IP peuvent être introduites simultanément dans un sous-canal; sinon, certaines connexions IP sont introduites dans différents sous-canaux de systèmes de radiodiffusion. Dans ce dernier cas, il est possible d'introduire toutes les connexions logiques d'un sous-réseau (masque de sous-réseau internet) dans un canal pour qu'elles restent dissociées des autres sous-réseaux. Par conséquent, les connexions IP peuvent s'établir suivant différents itinéraires (cheminements) dans les réseaux de radiodiffusion, lorsque la commutation et la distribution s'effectuent uniquement au niveau radiodiffusion (acheminement fondé sur l'identificateur PID).

L'association des paramètres de l'adresse IP du réseau informatique au numéro de canal du réseau de radiodiffusion dépend de l'introduit IP comme du routeur de support d'élément logiciel.

2.5.1.1.3 Possibilités d'organisation de la transmission de données internet encapsulées dans le flux de radiodiffusion numérique par les réseaux de radiodiffusion vidéo numérique et audionumérique

On peut envisager les scénarios suivants de prise en charge du trafic IP sur les réseaux de radiodiffusion DVB-X:

Scénario 1: absence de trafic IP

Les fichiers multimédias sont acheminés directement par le mécanisme carrousel DSM-CC et transmis à l'intérieur du flux de transport MPEG-2 (MPEG-2 TS), avec certains services MPEG-2 A/V) (voir Figure 4). A l'avenir, les services codés MPEG-4 pourraient également être intégrés au flux MPEG-2 TS au moyen d'un multiplexeur distinct.

Scénario 2: Trafic IP par carrousel dans le flux de transport MPEG-2 TS.

Possibilités identiques à celles du scénario 1, mais le carrousel DSM-CC achemine les services multimédias encapsulés dans les paquets IP (Figure 5). Il faut alors une interface IP/DSM-CC. Les services IP occupent seulement une fraction de la capacité totale de multiplexage DVB-X.

Scénario 3: Trafic IP dans flux de transport MPEG-2 TS.

Suivant ce scénario les paquets de multidiffusion IP sont encapsulés directement dans le flux de transport MPEG-2 en tant que service de données (Figure 6). Le flux de données DSM-CC représente une application distincte également acheminée dans le flux MPEG-2 TS.

Scénario 4: carrousel dans trafic IP et trafic IP dans flux de transport MPEG-2 TS.

Scénario identique au scénario 3; toutefois, les paquets IP transportent une application «données» par carrousel (Figure 7). Ce scénario garantit une transmission de fichier particulièrement fiable (répétitive) vers certains clients permanents qui possèdent l'adresse de multidiffusion spécifiée (radiodiffusion restreinte). Par exemple, ce scénario pourrait servir aux opérations de téléchargement/mise à jour de logiciels des clients.

Scénario 5: Flux MPEG-2 par protocole IP dans flux MEP-2 TS.

Identique au scénario 4. Toutefois, les paquets IP ne transportent pas seulement des données de carrousel, mais aussi des flux de médias MPEG-2 ou MPEG-4 AV (Figure 8). Ce dernier peut être multiplexé et transporté sous forme de flux MPEG-2 TS.

Figure 4 – Flux de transport MPEG-2

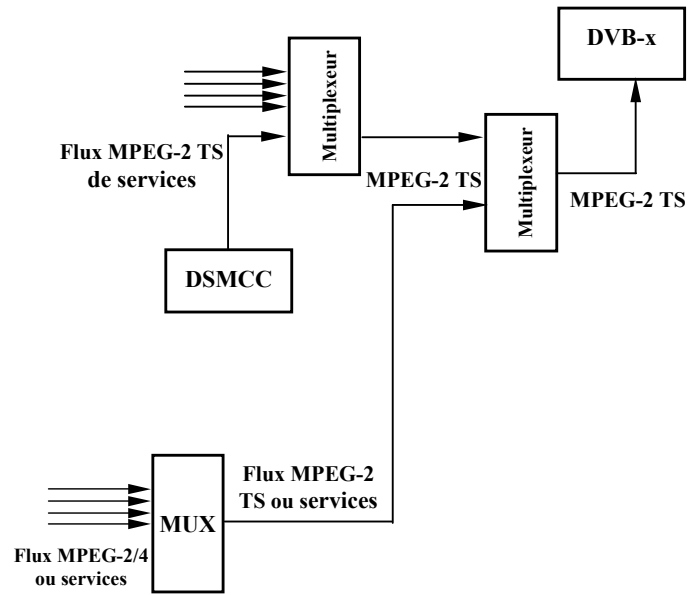


Figure 5 – Trafic IP sur carrousel MPEG-2 TS

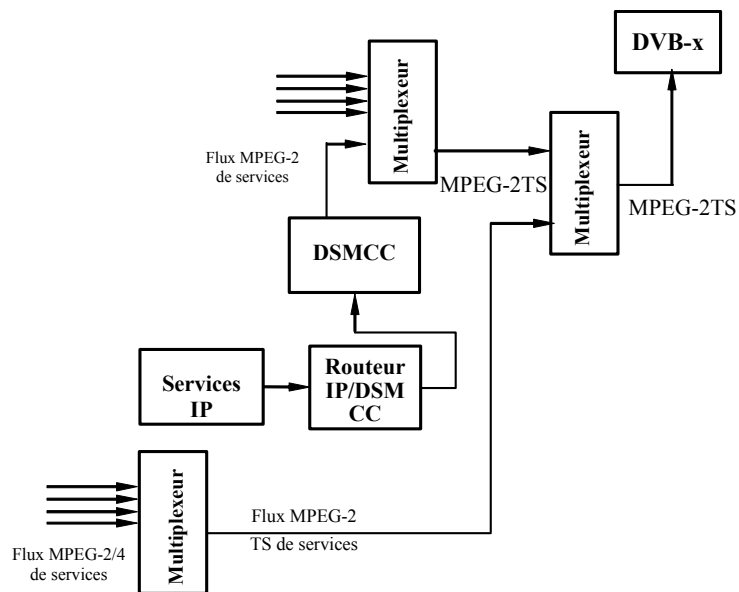


Figure 6 – Trafic IP par flux de transport MPEG-2

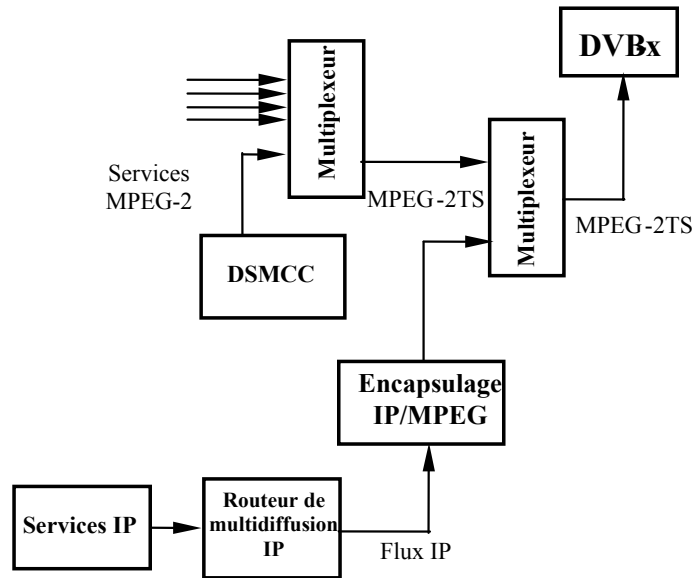


Figure 7 – Carrousel dans trafic IP et trafic IP par flux de transport MPEG-2 TS

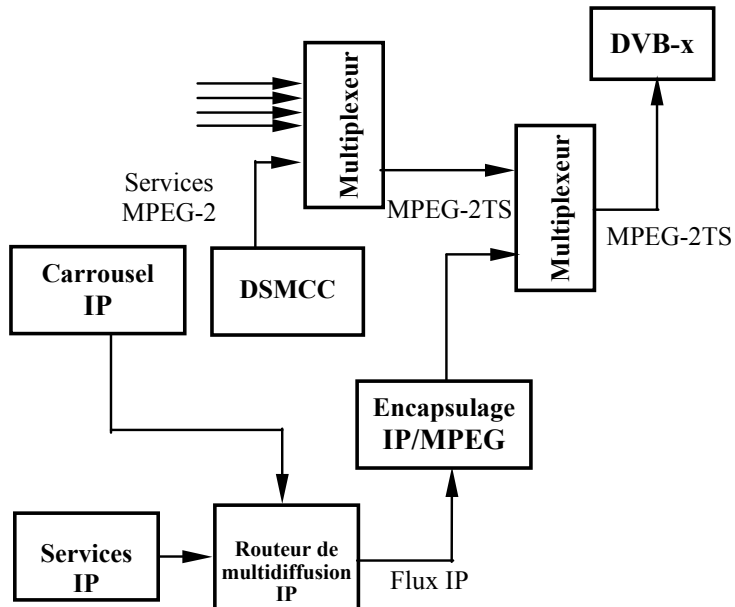
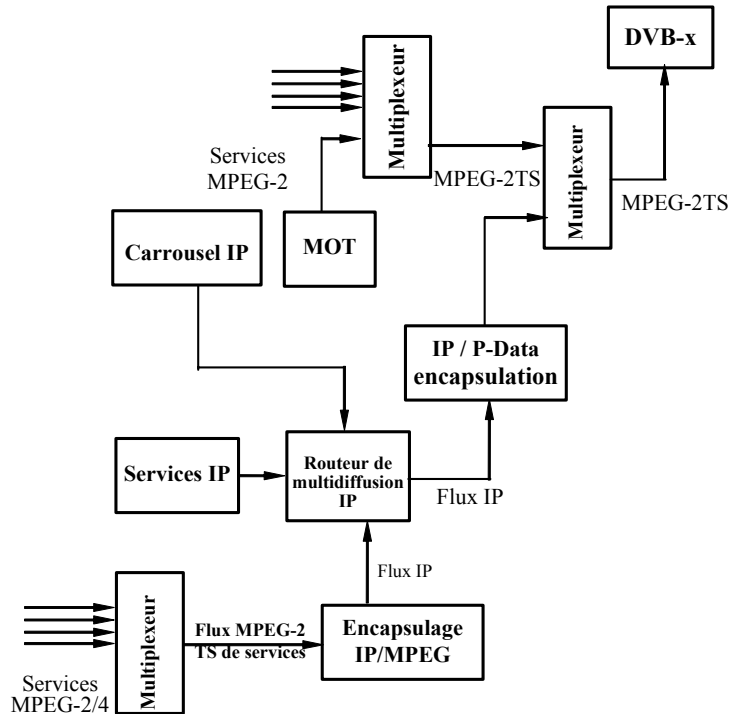


Figure 8 – Flux MPEG-2/4 par flux MPEG-2 TS



Scénario 6: Flux MPEG-2/4 sur trafic IP et trafic IP sur réseau de radiodiffusion audionumérique

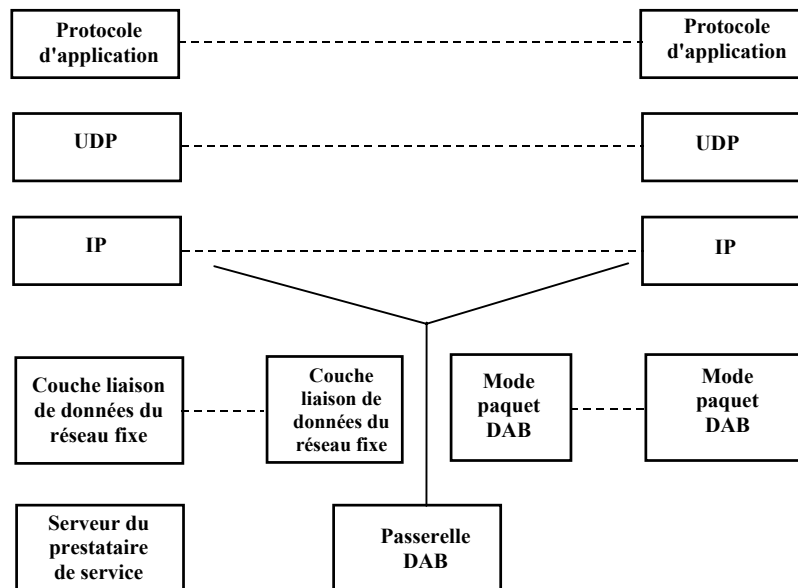
Depuis le lancement du système Eureka 147 de radiodiffusion audionumérique vers le milieu des années 90, le système DAB a démontré ses qualités exceptionnelles en matière de distribution des services de radiodiffusion dans un contexte de récepteurs mobiles. Au moyen d'un signal radio à codage MROF à 1,5 MHz de bande passante le système DAB permet de diffuser un flux multiplex à 1,2 Mbit/s d'informations numériques vers des récepteurs mobiles.

Jusqu'à maintenant, la fonction de radiodiffusion de données du système DAB a été limitée à des applications normalisées: Dynamic Label, MOT Slide Show et site web de radiodiffusion MOT. Ces applications sont destinées à répondre, et particulièrement bien adaptées, à la plupart des exigences commerciales des radiodiffuseurs qui souhaitent renforcer leurs services aux usagers équipés de récepteurs intégrés.

La Figure 9 représente le schéma du protocole d'une application IP utilisant le réseau de radiodiffusion audionumérique. Du côté gauche, l'application serveur des prestataires de service produit les données qui doivent être diffusées vers l'application client du terminal DAB, au moyen du protocole d'application correspondant à l'application utilisée pour le service en question. Les unités de données du protocole d'application sont encapsulées dans des datagrammes UDP/IP, qui assurent le transport de bout en bout depuis le prestataire de service jusqu'au terminal DAB. Relié à un réseau de données fixe, le serveur du prestataire de service transporte les données depuis le prestataire de service jusqu'à la passerelle DAB-IP du fournisseur de réseau DAB. Ce transport peut s'effectuer sur un seul réseau fixe, par exemple un réseau Ethernet ou encore sur plusieurs réseaux locaux et/ou étendus reliés ensemble par des routeurs IP (non représentés Figure 9). La passerelle DAB/IP reçoit les datagrammes UDP/IP du réseau fixe, puis les

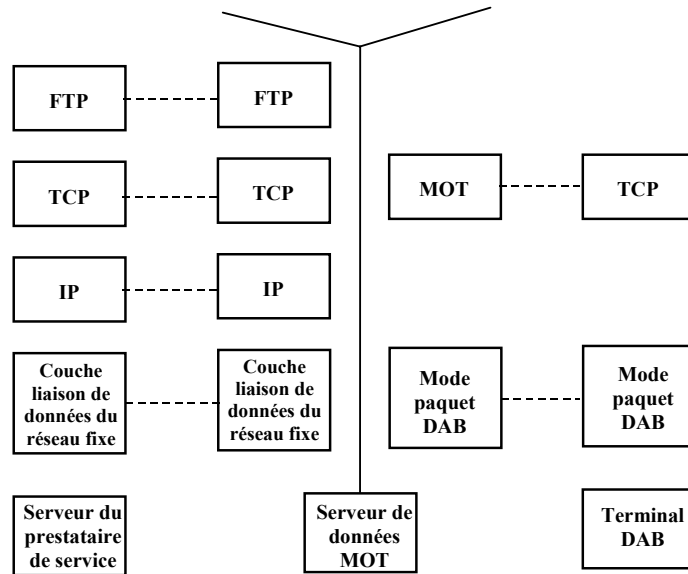
encapsule dans des groupes de données en mode paquet DAB, conformément aux spécifications de la norme ES 201 735. Les données sont ensuite diffusées par le réseau DAB, vers les terminaux DAB syntonisés sur le service DAB IP. Dans le terminal, l'application client reçoit les unités de données qui ont été envoyées depuis le prestataire de service en accédant à la charge utile des datagrammes UDP/IP.

Figure 9 – Schéma du protocole d'une application DAB IP indiquant l'utilisation de bout en bout du trafic IP et le protocole de couche supérieure



Par comparaison au protocole spécifique de transport d'objets multimédias via le réseau DAB, l'approche IP simplifie l'architecture de réseau. Puisque le protocole de transport MOT est conçu exclusivement pour le réseau DAB, il ne peut être utilisé par un réseau fixe arbitraire. Il faut en effet une architecture de réseau dans laquelle le prestataire de service utilise un autre protocole d'application, par exemple, le protocole de transfert de fichiers (FTP), pour acheminer les données sur un serveur de données MOT, qui effectue une conversion de protocole de haut niveau avant d'introduire les données dans le réseau DAB. La Figure 10 représente le schéma de protocole d'une application MOT avec conversion de protocole de haut niveau.

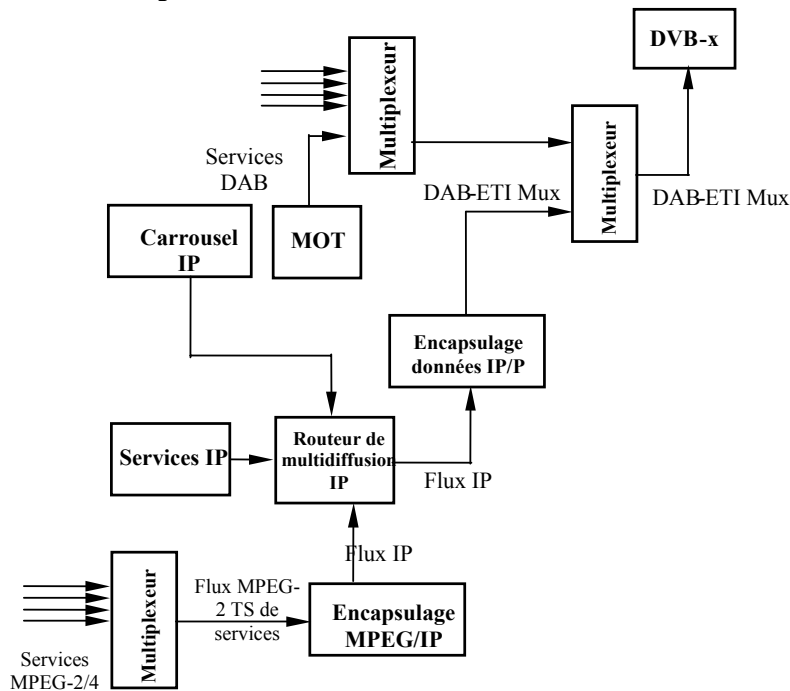
Figure 10 – Schéma de protocole d'une application MOT DAB comportant une conversion de protocole de haut niveau



De ce point de vue, l'approche IP présente un avantage considérable dans la mesure où elle permet de simplifier fortement le matériel des fournisseurs de réseau par comparaison à la solution MOT; autrement dit, la solution IP est nettement moins coûteuse. Un autre avantage majeur tient au fait que le fournisseur de réseau n'est pas tenu de convertir les données au niveau application. Aussi, le prestataire de service assume pleinement la responsabilité de la cohérence du contenu, évitant ainsi les risques d'erreurs dues à des défauts de la procédure de conversion.

La Figure 11 représente le mécanisme de transport du réseau DAB. Sinon, ce scénario est équivalent au scénario 5.

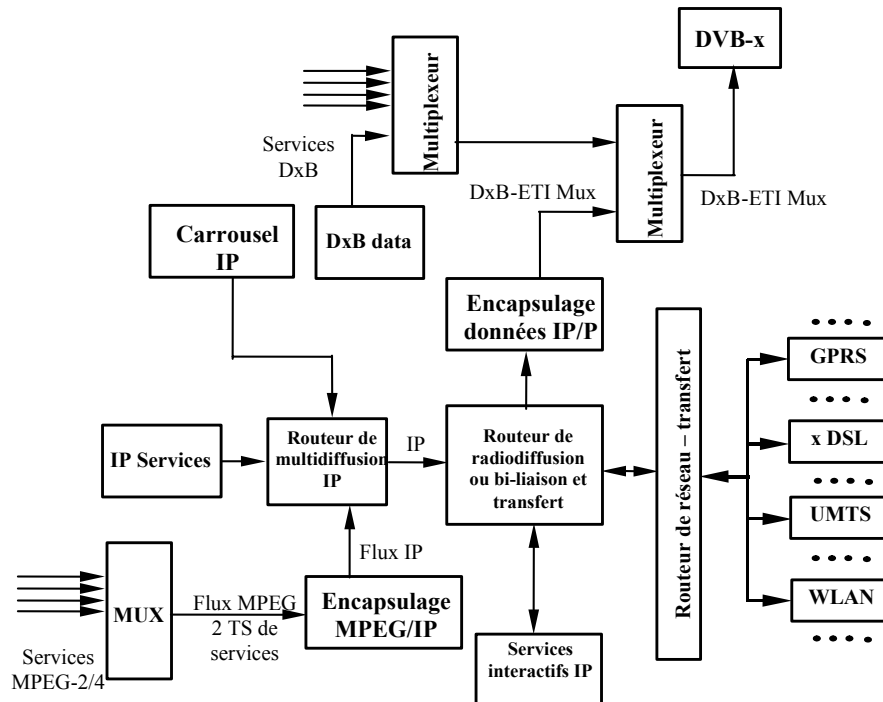
Figure 11 – Flux MPEG-2/4 via protocole internet et trafic IP via réseau DAB



Scénario 7: trafic IP via réseau DAB et réseau internet classique

Ce scénario s'apparente aux scénarios 5/6, avec toutefois l'adjonction d'un routeur de réseau pour assurer une interopérabilité directionnelle entre réseaux DxB et réseaux de télécommunication (par exemple, GPRS, xDSL, UMTS, RLE, etc. (Figure 12)).

Figure 12 – Trafic internet via réseau DAB et réseaux internet généraux



2.5.1.1.4 Critères de choix des sites à inclure dans un carrousel web et particularités de type d'accès à l'internet du point de vue de l'expérience subjective de l'utilisateur

Le choix des sites à inclure dans le «carrousel» est fonction de données statistiques concernant le nombre de visites traduisant la demande correspondant aux sites en question, de façon à ce que les sites favoris soient prioritaires. Le choix des sites doit dépendre en principe du carrousel considéré, le nombre de ces «carrousels» (fondés sur un réseau DVB-T ou DVB-S) n'étant en principe pas limité (la seule limitation résulte de l'absence de fréquence libre dans une certaine zone de diffusion).

La possibilité d'affecter à la radiodiffusion de données internet (jusqu'à plusieurs dizaines de Mbit/s) une part importante du flux de données (compris dans le flux de radiodiffusion télévisuelle numérique) garantit un délai d'attente bref pour l'utilisateur avant obtention des sites demandés (dans le cas d'une répartition uniforme des sites au sein d'un carrousel, le temps d'attente maximum est égal au temps d'attente pour un tour complet du carrousel; au demeurant d'autres types d'organisation du carrousel sont également réalisables, par exemple, faisant figurer avec une fréquence plus importante les sites les plus prisés pour réduire le temps d'attente de leurs visiteurs).

D'un point de vue technique, l'inclusion de données internet dans le flux de radiodiffusion télévisuelle numérique s'effectue par des passerelles IP/DVB spéciales. Lesdites passerelles reposent généralement sur l'utilisation d'une technologie d'encapsulation multiprotocole (MPE), bien qu'en principe le recours à d'autres technologies soient également possible (flux continu de données dans le cas de flux asynchrones ou synchrones, acheminement en pipeline, etc. Dans la procédure MPE, les segments de données internet sont bourrés d'octets «zéro» de façon à ce que leur longueur soit divisible par 188 (longueur d'un paquet de

transport MPEG-2), les trames de données à l'intérieur d'un segment sont complétées par des en-têtes spéciaux (adresse MAC ou LLC/SNAP) protégés par des contrôles de sommes, etc. Le chargement de données internet dans le flux de données MPEG-2 s'effectue conformément au protocole MPEG-2 DSM CC (moyen d'enregistrement numérique télécommande et contrôle) (ledit protocole permet de prendre en charge les services multimédias large bande et peut fonctionner avec les protocoles internet RSVP, RTSP, RTP, SCP). Le canal de retour est organisé de la façon habituelle – au moyen d'un modem et par un réseau téléphonique ordinaire.

Il convient par ailleurs d'examiner attentivement les particularités de cette version de l'accès à l'internet du point de vue de l'utilisateur. Lors d'un échange ou d'une demande de données entre le client et le serveur, un utilisateur qui a demandé un certain site reçoit normalement tout d'abord sa première page, puis selon ses centres d'intérêts et en fonction de ses demandes complémentaires – les pages suivantes acheminées une par une. Dans le cas de l'accès à l'internet par un réseau de radiodiffusion télévisuelle numérique, après le choix par l'utilisateur d'un site particulier dans un «carrousel» (le choix dans ce cas signifie que l'utilisateur autorise le chargement, dans la mémoire du boîtier décodeur, d'un certain site depuis le «carrousel», la mémoire restant fermée aux autres sites), ce site est téléchargé dans son intégralité (et si la mémoire disponible est suffisante, plusieurs sites peuvent même être téléchargés). L'utilisateur peut ensuite demander certaines pages du site téléchargé, mais celles-ci seront alors reçues et affichées à l'écran, non à partir du serveur, mais à partir de la mémoire du boîtier («interactivité locale»). Par conséquent, même lorsque le temps d'attente initial (c'est-à-dire le délai de téléchargement de la première page d'un site) est long par comparaison au mode d'accès classique (ce qui peut se produire lorsqu'un carrousel compte un très grand nombre de sites et lorsque par conséquent le temps de rotation complet est important), l'utilisateur recevra instantanément les pages suivantes. Il s'agit là d'un avantage important de l'accès à l'internet par radiodiffusion DTV par comparaison au mode d'accès classique.

Quant au reste, du point de vue de l'utilisateur la procédure de demande d'échanges de données serait la même que dans le type classique d'accès au serveur par le client. Il convient de noter toutefois la charge particulièrement faible du canal dans le premier cas (généralement nulle). Avec le type d'accès classique, le canal sert conjointement aux transmissions de pages web en tant que telles et de données interactives, c'est-à-dire les noms des sites demandés et les demandes d'autres pages web. Toutefois, dans le cas présent, les pages web à l'intérieur du flux de radiodiffusion DTV et les données interactives sont pratiquement absentes, puisqu'une fois le choix du site effectué avec autorisation/refus de téléchargement de certains sites dans la mémoire du boîtier, il s'agit alors d'une procédure passive qui n'exige pas l'envoi d'une demande; les demandes de pages supplémentaires sont également adressées dans le cadre de l'«interactivité locale», et par conséquent, sans envoi de données par le canal de communication.

En pareille circonstance, le canal de modem peut être réservé aux données de commerce électronique, c'est-à-dire à des instructions spécifiques de l'utilisateur concernant des commandes de certains biens ou services, dont les données correspondantes ont été obtenues sur les pages web, ou encore de données concernant le mode de paiement. Naturellement, l'utilisateur peut aussi utiliser le canal de modem pour accéder à l'internet et télécharger de cette façon une partie des sites selon les modalités classiques, les autres étant obtenus par le canal de radiodiffusion télévisuelle numérique (ce qui contribuerait à réduire notablement la charge du canal de modem dans le type de circonstances). Néanmoins, dans un cas comme dans l'autre, l'accès à l'internet utilise le boîtier de radiodiffusion télévisuelle numérique et n'exige aucun ordinateur personnel.

2.5.1.1.5 Exemples concrets d'organisation d'un accès à l'internet fondé sur la radiodiffusion télévisuelle numérique

Lorsqu'on établit un diagramme de l'accès à l'internet représenté à la Figure 13, il faut prévoir la transformation du protocole IP dans un flux de transport MPEG. Tel qu'indiqué plus haut, cette opération s'effectue au moyen d'une passerelle IP-DVB.

Figure 13 – Schéma fonctionnel de l'accès à l'internet

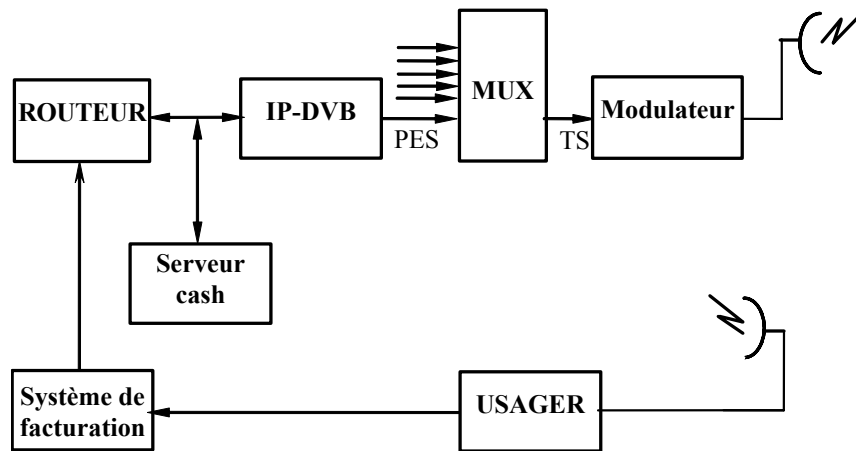


Diagramme de l'accès à l'internet

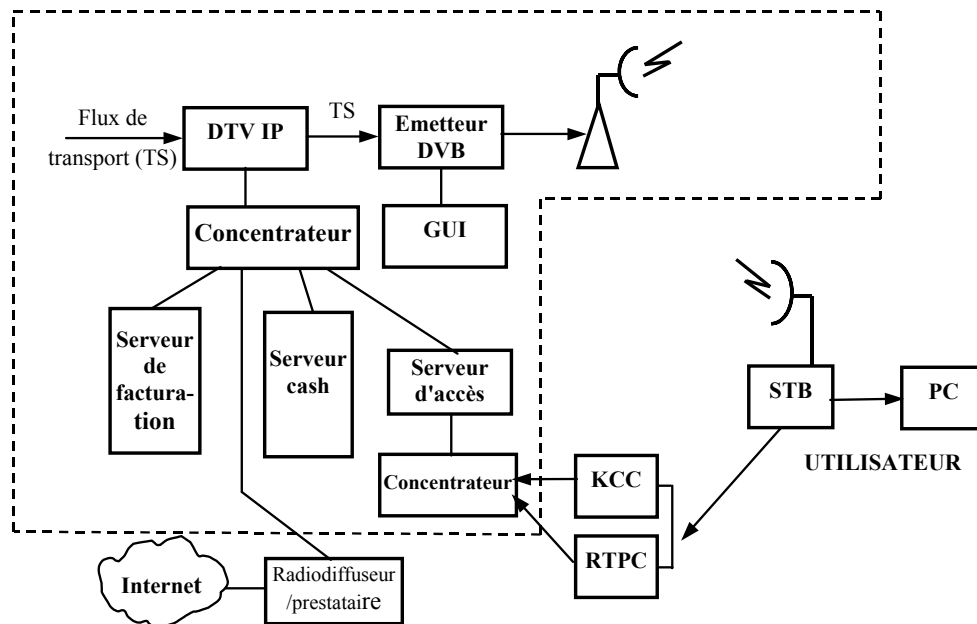
Afin d'enregistrer les données fréquemment demandées dans la base de données du réseau local et par conséquent d'économiser des ressources, il faut un serveur. Un routeur fait office de passerelle qui relie les réseaux locaux et extérieurs. Le système de facturation établit des statistiques et vérifie s'il convient de permettre l'accès d'un service à tel usager, lorsque ce service est à paiement anticipé ou lorsque le compte de cet usager présente des arriérés. L'identification est obtenue par une procédure d'ouverture de session et au moyen d'un nom d'utilisateur pour la connexion par modem et l'utilisation du protocole PPP, ou au moyen d'un numéro de téléphone cellulaire dans le cas des protocoles WAP ou SMS. Ainsi, il serait impossible d'envoyer une demande sans autorisation d'accès. Le système est donc protégé de cette façon contre toute éventualité d'accès non autorisé. Le multiplexeur constitue le flux de transport introduit dans le modulateur-récepteur qui émet l'ensemble des données: vidéo, audio, etc. L'usager est muni d'un boîtier /terminal d'usager de radiodiffusion télévisuelle numérique.

Configuration et choix du matériel de radiodiffusion (radiodiffuseur/prestataire)

Examinons à présent de façon plus détaillée le diagramme de la Figure 14. La passerelle IP-DVB assure:

- l'encapsulation des données supplémentaires et des données internet dans le flux de transport MPEG-2;
- la prise en charge des modes d'exploitation DVB-T, DVB-C, DVB-S;
- le retrait des ressources inutilisées;
- l'introduction des données dans un flux de transport constitué et la création d'un flux de transport individuel;
- les options d'encapsulation: utilisation du débit binaire maximum; le placement dynamique dans la bande de fréquence allouée;
- la signalisation compatible DVB de la disponibilité du service de transmission de données;
- la prise en charge d'une connexion multi-utilisateur ou d'une connexion à l'internet individuelle;
- le rôle de dispositif de protection pendant les pannes d'alimentation électrique;
- la prise en charge de la spécification de pilote NDIS et de différentes implémentations du protocole IP.

Figure 14 – Diagramme fonctionnel de l'encapsulation IP/DVB



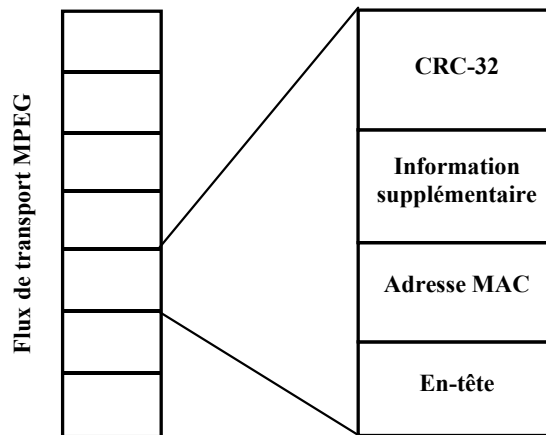
Le bloc DTV IP reçoit en entrée le flux de données MPEG-2 de façon synchrone via le connecteur parallèle (SPI) à 25 broches du panneau avant (connecteur LVDS) et produit en sortie le flux de transport MPEG-2 asynchrone via le connecteur série BNC (ASI) (panneaux avant et arrière), sous 800 mV et 75 Ohm. Le flux de données est introduit par l'intermédiaire d'une carte 10/100 Base T (100 Mbit/s), par un connecteur RJ45, dans le système d'exploitation Windows NT avec un disque dur d'au moins 20 Go.

Afin d'introduire les données internet dans le flux d'entrée DTV IP le réseau interne à 100 Mbit/s s'appuie sur la technologie Fast Ethernet. Le concentrateur est connecté aux systèmes ou serveurs suivants: le système de facturation informatisé qui établit des statistiques sur toutes les données reçues et, au moyen des adresses internet, calcule le trafic de chaque usager. D'ordinaire, les systèmes de ce type sont de conception LINUX; le serveur d'accès est également relié par le concentrateur. Lorsque le nombre d'utilisateurs est réduit, le serveur d'accès peut être associé au système de facturation. Il est destiné à vérifier les droits d'accès lorsque cette fonction n'est pas assurée par l'opérateur qui met en place le canal usager-prestataire. Le serveur d'accès est relié via le concentrateur à tous les dispositifs utilisés pour établir le canal de retour et transmettre les demandes de données (lorsque le compte d'un usager présente des arriérés, le serveur a toujours la possibilité de rejeter une demande de données); le serveur Cash qui sert à augmenter la quantité de données enregistrées et souvent demandées. Il s'agit d'une base de données appelée à recevoir en premier la demande d'un usager. Lorsque les données requises sont trouvées, elles sont fournies par le serveur cash, sinon la demande est transmise au serveur du radiodiffuseur/prestataire. Le serveur Cash est informatisé et doit être muni d'interfaces à haut débit SCSI ou ATA 133 et de disques durs de forte capacité. La capacité totale doit être d'au moins 300 Go; et enfin, le serveur d'accès du radiodiffuseur/prestataire qui reçoit des demandes et des données internet.

L'accès à l'internet utilise par ailleurs un logiciel de carrousel web. Celui-ci permet de télécharger des pages web et des messages de courrier électronique; il prend en charge la norme DVB-MHP (*media home platform*). Le connecteur de flux est compatible avec les différents protocoles qui se superposent au protocole IP: Windows Media, QuickTime, UDP, etc. La combinaison du carrousel web et du carrousel de flux s'effectue au moyen du routeur de média. Cette association permet de prendre en charge tous les protocoles internet et toutes les demandes de réponse selon le protocole MHP.

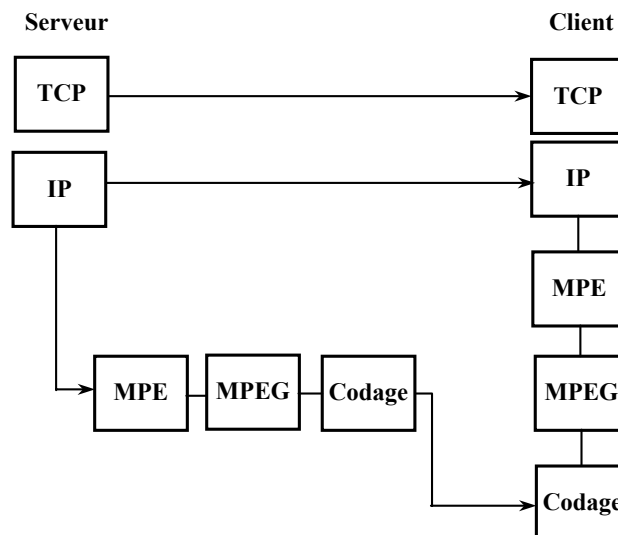
Ces différentes normes s'appuient sur le protocole MPE (encapsulation multiprotocole). Celui-ci repose pour sa part sur le protocole DSM-CC (Moyen d'enregistrement numérique – télécommande et contrôle). Chaque trame de données est encapsulée dans un segment de type Ethernet. La Figure 15 représente la cellule PES dans le flux de transport MPEG-2.

Figure 15 – Cellule PES dans le flux de transport MPEG-2



A chaque usager (à chaque boîtier) est attribuée une adresse MAC (par exemple à partir d'une base de données d'utilisateurs qui correspond à l'adresse IP de l'équipement distant). Des adresses MAC attribuées de façon exclusive permettent d'identifier les équipements d'utilisateurs. La Figure 16 représente le schéma général de la transformation du trafic IP en flux de données DVB.

Figure 16 – Transformation du trafic IP en flux de données DVB



Chaque trame de données est encapsulée en ajoutant l'en-tête de segment – adresse MAC et l'en-tête complémentaire au moyen du protocole de commande de liaison logique (LLC), (*logical link control*)/protocole d'accès de sous-réseau (SNAP, *subnetwork access protocol*) (si nécessaire). Une somme de contrôle CRS-32 protège l'authenticité des données. Le terme section (segment) désigne l'ensemble du bloc de données. La longueur du segment (section) est contrôlée par l'adjonction constituée de zéros, de

façon à obtenir un nombre entier de paquets de transport MPEG-2, de 188 bits de long. Des identificateurs PID sont attribués aux paquets de transport sur la base des données disponibles sur l'élément HUB de routage. Afin de constituer un réseau privé virtuel (VPN), il est possible d'attribuer à un groupe d'utilisateurs le même identificateur PID; sinon, un identificateur PID individuel peut être attribué à chaque utilisateur. Généralement, les paquets de transport sont transmis en mode unicast (c'est-à-dire point à point), lorsque les données sont transmises à un seul récepteur, tandis que d'autres récepteurs reçoivent des données, puis les rejettent en raison d'un défaut de correspondance de l'adresse MAC et/ou de l'identificateur PID avec leurs filtres internes. L'utilisation d'adresse multicast permet également d'effectuer une transmission en multidiffusion. La commande de groupe étant impossible, elle doit être assurée par d'autres moyens (par exemple, au moyen d'un canal de retour par voie hertzienne de Terre).

Les paquets d'une section DSM CC peuvent être brouillés au moyen d'une commande d'accès conditionnel qui assure en outre le codage de l'adresse MAC, empêchant ainsi la communication des données reçues aux autres utilisateurs. Le cryptage est déterminé par les éléments binaires affectés à des emplacements particuliers de l'en-tête d'encapsulation DSM-CC.

Enfin, le flux de transport ainsi constitué est introduit dans l'émetteur de radiodiffusion. Ci-dessous figurent les spécifications correspondantes:

- bande de fréquences de fonctionnement: 470-860 MHz;
- entrée ASI;
- sortie:
 - connecteurs RS-232-C d'interface graphique d'utilisateur;
 - connecteurs RS-232-C de modem de commande à distance (à titre d'option, possibilité d'installer un port parallèle RS-485 de commande à distance);
- modes de radiodiffusion 2K ou 8K;
- longueur de la partie utile: 224 microsecondes (2K) et 896 microsecondes (8K);
- MDPQ, MAQ-16 ou MAQ-64;
- débit de codage interne 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8;
- intervalle de protection 1/4, 1/8, 1/16, 1/32;
- possibilité de transmission de données hiérarchisée;
- trois cascades d'amplification;
- refroidissement fluide;
- bande de fréquences: 7 ou 8 MHz.

Le codage et la modulation s'effectuent conformément à la norme ETSI EN300744. Les données ne sont pas transmises de façon hiérarchisée.

Un ordinateur muni d'une interface graphique d'utilisateur (GUI) assure la connexion à un émetteur ou un groupe d'émetteurs.

2.5.1.1.6 Nécessité de présenter les pages web sur un écran de télévision de résolution standard

Le fait de réduire la fracture numérique a pour conséquence importante d'élargir à nouveau de façon substantielle la gamme des fonctions d'information et de service, de dispositifs amovibles pour récepteurs analogiques, dispositifs initialement conçus uniquement pour des signaux de télévision numériques. Un large accès à l'internet grâce à la radiodiffusion télévisuelle et sans ordinateur revêt une importance particulière et contribue à résoudre le problème de la fracture numérique.

Les services actuels de radiodiffusion télévisuelle numérique transmettent des données internet au moyen d'introducteurs internet et de dispositifs de présentation cyclique de sites web («carrousel de sites»). Toutefois, seul un écran d'ordinateur permet de présenter avec une qualité appropriée les pages web

transmises de cette façon. Cependant, pour de nombreux pays, la possibilité d'accéder à l'internet au moyen de la radiodiffusion télévisuelle, sans ordinateur, revêt une importance particulière et contribue à résoudre le problème de la fracture numérique. Il faut alors formater et dimensionner les pages web transmises dans le flux de données de radiodiffusion télévisuelle numérique vers le boîtier décodeur de l'utilisateur.

Parmi les principales caractéristiques de l'accès à l'internet fondé sur l'utilisation d'un boîtier de radiodiffusion télévisuelle numérique (sans ordinateur) figure la nécessité de présenter des pages web sur l'écran d'un récepteur de télévision de résolution standard. On trouvera ci-dessous la liste des difficultés qui en résultent et différentes suggestions quant à la façon de les résoudre.

Tel qu'indiqué plus haut, les services actuels de radiodiffusion télévisuelle numérique prennent en charge à présent la radiodiffusion de flux de données supplémentaires, notamment d'accès à l'internet via les canaux de radiodiffusion télévisuelle numérique. Ils sont mis en œuvre en faisant appel à des encapsulateurs spéciaux de pages web et à des dispositifs permettant la présentation cyclique de données internet (carrousels web), qui constituent le support technique d'acheminement des données internet par les canaux de radiodiffusion télévisuelle numérique; ils permettent ainsi de transmettre ces données par exemple, à l'intérieur du flux de données MPEG-2/DVB. Toutefois, les pages web transmises de cette façon ne peuvent être présentées avec une qualité adéquate que sur un écran d'ordinateur, et non sur un écran de télévision standard, étant donné que le format HTML utilisé actuellement sur le web n'est pas adapté à la résolution des récepteurs de télévision. Simultanément, l'accès à l'internet par la radiodiffusion télévisuelle numérique est extrêmement important pour les pays où il y a beaucoup plus de récepteurs de télévision que d'ordinateurs personnels. Pour ces pays, les problèmes posés par la présentation des ressources web sur un écran télévision signifient l'impossibilité de mettre en œuvre de la façon la plus économique un accès à l'internet (sans ordinateur personnel et en faisant appel à la radiodiffusion télévisuelle numérique); il s'agit là d'un aspect concret de la fracture numérique. Une approche fiable tant du point de vue commercial que du point de vue social (si l'on tient compte également du problème de la fracture numérique) consiste cependant à fournir un accès à l'internet par l'intermédiaire des canaux de radiodiffusion dès le tout début du lancement de la radiodiffusion télévisuelle numérique dans tous les pays. Cela exige que l'on trouve rapidement une solution aux problèmes techniques posés par un affichage de qualité des pages web sur les récepteurs de télévision existants, dont la résolution est nettement inférieure à celle des écrans d'ordinateur.

Afin d'obtenir un affichage de bonne qualité des pages web sur les récepteurs de télévision standard, les boîtiers des usagers doivent reformater et redimensionner par des moyens logiciels les données internet reçues à l'intérieur d'un flux de radiodiffusion télévisuelle numérique. Les sections suivantes examineront cet aspect de façon plus détaillée.

Il convient de signaler le rôle social considérable de cette fonction des boîtiers, dans la mesure où leur mise en œuvre permettra à tous les téléspectateurs munis d'une ligne téléphonique de bénéficier d'un accès interactif à l'internet (notamment le courrier électronique) (quant aux téléspectateurs dépourvus de liaison téléphonique, ils auraient également intégralement accès aux ressources internet, mais sans canal de retour – nous verrons ci-après comment y parvenir). Dans ce cas, l'obtention d'un accès à l'internet n'exige pas d'ordinateur, tandis que par ailleurs le coût d'un boîtier reste de l'ordre de 70 à 150 USD, c'est-à-dire nettement moins qu'un ordinateur. Cette solution technique pourrait offrir une option garantissant un accès populaire à l'internet pour les groupes d'utilisateurs à faibles et moyens revenus des pays en développement.

D'autre part, il y a lieu de signaler le potentiel commercial important de cette fonction des boîtiers. L'inclusion dans le flux de radiodiffusion télévisuelle numérique des sites internet ne devrait pas être gratuite dans la plupart des cas et permettrait aux radiodiffuseurs de tirer des profits substantiels des propriétaires des ressources commerciales internet intéressés par la possibilité d'offrir un accès de masse à leurs données. Concrètement, cela signifie la naissance d'un nouveau type d'entreprise de télécommunication, dont la croissance est susceptible d'être très importante. Par ailleurs, il est tout à fait envisageable de répartir entre propriétaires des sites et entreprises de radiodiffusion les profits tirés du visionnement des sites internet téléchargeables grâce à la radiodiffusion télévisuelle numérique.

2.5.2 Types de canaux de retour par voie hertzienne de Terre et de moyens permettant de fournir un canal de retour hertzien

- **Canaux de retour des boîtiers décodeurs radiodiffusion télévisuelle numérique interactive**

L'établissement des canaux de retour pose un problème majeur de déploiement de la radiodiffusion télévisuelle numérique interactive; cette question est d'une importance décisive pour la réalisation de l'accès à l'internet et à différents services interactifs modernes de type web fondés sur la radiodiffusion télévisuelle numérique interactive. Dans les pays industrialisés la méthode actuellement la plus courante de création du canal de retour des systèmes d'information interactifs (pour un accès à l'internet aussi bien via un ordinateur personnel qu'au moyen d'un boîtier de radiodiffusion interactive numérique) consiste à utiliser un canal de retour fondé sur le RTPC. Dans de nombreux cas, les canaux de retour s'appuient sur la technologie xDSL. Les systèmes hybrides de câblodiffusion, dans lesquels le canal de retour est également intégré au réseau de distribution à domicile, se développent aussi très rapidement. Il est évident que les méthodes en question d'établissement de canaux de retour devraient être appliquées à une grande échelle (et elles le sont déjà en fait) dans les pays en développement. Toutefois, compte tenu des particularités des réseaux de télécommunication de nombreux Etats en développement (vu le faible niveau de raccordement, les usagers individuels n'ont pas accès aux voies de communication, reflétant ainsi la disponibilité insuffisante de services téléphoniques au sein de la population, comme le développement inadéquat des systèmes xDSL et des réseaux câblés familiaux), il importe de porter une attention spéciale aux solutions techniques fondées sur les techniques de radiocommunication, lorsqu'on étudie les possibilités de création des canaux de retour des boîtiers. Le grand nombre de territoires à faible densité de population conduit naturellement à se tourner vers les moyens de radiocommunication.

Compte tenu de toutes les difficultés susmentionnées auxquelles se heurte la création de canaux de retour fondée sur le RTPC, le présent rapport ne prend pas en considération les réseaux xDSL, ni les réseaux câblés familiaux (les solutions techniques correspondantes sont bien connues et largement utilisées, elles ne nécessitent pas de remarques particulières). Le présent rapport s'attache donc exclusivement à la mise en place des canaux de retour sur la base des moyens de radiocommunication.

Cette section traite dans un premier temps de façon générale de la normalisation internationale des systèmes interactifs en radiodiffusion télévisuelle. Elle examine par ailleurs en détail la question de l'établissement des canaux de retour des boîtiers décodeurs en faisant appel à la technique DVB-RCT normalisée récemment par les organisations régionales de normalisation, ainsi que ses spécifications techniques et ses avantages. Cette même section traite aussi de la création de canaux de retour de radiodiffusion numérique terrestre fondée sur les technologies utilisées en radiodiffusion télévisuelle par câble et considère les modifications nécessaires à introduire dans la configuration des boîtiers; en maintes circonstances cette solution peut s'avérer techniquement et économiquement justifiée.

- **DVB-RCT**

La technologie DVB-T (radiodiffusion télévisuelle numérique par voie de Terre) est un puissant moyen de transmission hertzienne large bande des données vers des usagers (aussi bien fixe que mobile), bien qu'il s'agisse d'une technologie unidirectionnelle. Grâce à la technologie RVB-RCT, la plate-forme DVB-T peut devenir bidirectionnelle et asymétrique. La technologie DVB-RCT peut être mise en œuvre non seulement dans le cadre de la télévision interactive (scrutins, jeux télévisés, questionnaires, etc.), mais aussi dans celui de sessions web interactives et de services à faible débit de télécommunication via l'internet. Le commerce électronique est par contre un type de service qui exige une interactivité complète entre usagers et prestataires de services.

Fonctionnement de la technologie DVB-RCT

Le système interactif est constitué du canal d'interaction vers l'avant (liaison descendante) dirigé vers un usager via un réseau de radiodiffusion terrestre de type DVB-T et du canal d'interaction de retour fondée sur une liaison de transmission VHF UHF par voie hertzienne (liaison montante) (Figure 17).

Les émissions de la liaison descendante provenant de la station de base synchronisent et acheminent l'information à destination de tous les terminaux RCT. Ces mêmes terminaux peuvent donc accéder de façon synchrone à un réseau, puis émettre des informations synchronisées sur la liaison montante vers la station de base.

Le système DVB-RCT fonctionne comme suit:

- voies descendante (entièrement conforme à la technologie DVB-T) et montante à schéma de modulation; plusieurs voies parallèles de la liaison montante peuvent donc être allouées à différents usagers afin de renvoyer des données et des commandes à la station de base;
- chaque terminal RCT autorisé émet une ou plusieurs porteuses modulées à faible débit binaire vers la station de base;
- les porteuses sont verrouillées en fréquence et classées par niveau de puissance, tandis que la modulation est synchronisée par la station de base;
- dans la station de base, le signal montant est démodulé par un processus FFT (comme dans un récepteur DVB-T).

Figure 17 – Réseau DVB-RCT

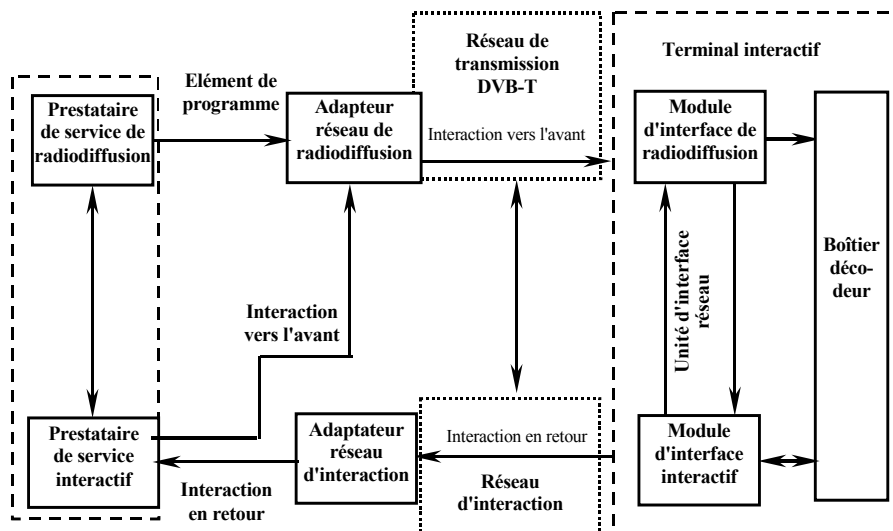


Tableau 4 – Récapitulation des fonctionnalités du système DVB-RCT

PARAMETRES PHYSIQUES	
Voie descendante (VD)	MROF conforme à la norme ETS 300 744 (DVB-T)
Voie d'interaction de retour	Accès multiple MROF (AM-MROF)
Voie d'interaction vers l'avant (montante)	Intégré à la liaison descendante, conforme à la norme ETS 300 744 (DVB-T)
Ensemble de porteuses MROF	1 024 (1K), 204 (2K)
Espacement de porteuses MROF	~1K, ~2K, ~4K
Modes de transmission	6 modes (combinaison de 3 espacements et de 2 ensembles de porteuses)
Profil de porteuse	Nyquist et rectangulaire

PARAMETRES PHYSIQUES	
Intervalle de garde	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 (uniquement pour le profil rectangulaire)
Trame de transmission	TF1, TF2
Randomisation des données	PRBS avec expression polynomiale: $1 + X^{14} + x^{15}$
Modulations	MDPQ, MAQ-16, MAQ-64
Débits de codage	1/2, 3/4
Charge utile de données par salves	18, 27, 36, 54, 81 octets (1 salve = 144 symboles de modulation)
Codes de canal	Turbo ou concaténé (Reed-Solomon + Convolution)
Entrelacement	Entrelaceur aléatoire – PRBS avec expression polynomiale: $1 + X^3 + x^{10}$
Structures de salve	BS1, BS2, BS3
Saut de fréquence	Uniquement pour BS1 (<i>facultatif</i>)
Schémas d'accès aux supports	MAS1, MAS2, MAS3 (combinaison de BS et TF)
Débit binaire de réseau/porteuse (portée)	0,6 kbit/s – 15 kbit/s (selon le mode)
Nombre maximum de porteuses par usager	Pas de limite
Portée du service	Jusqu'à 65 km (rayon de cellule)
Répartition par voie	Prise en charge de canaux à 6, 7 et 8 MHz
PROTOCOLES	
Commande d'accès au support	Spécifications tirées pour la plupart de la norme 300 800
Options d'accès	Accès à des lignes fixes, accès restreint et accès réservé
Sécurité	Prise en charge (selon la norme EN 300 800)

Subdivision des canaux

Le canal de retour VHF/UHF est subdivisé en fréquence et en temps pour permettre l'accès à plusieurs usagers. Chaque créneau de temps et de fréquence disponible est alloué par la station de base à un usager déterminé. Les allocations à intervalles multiples sont possibles (aussi bien sur la même porteuse que sur des porteuses parallèles différentes) pour faire face aux pointes de demande de largeur de bande.

La norme DVB-RCT a défini trois valeurs d'espacement des porteuses – d'environ 1, 2 et 4 kHz – ce qui correspond à trois durées de symbole. Ces valeurs définissent trois modes de base pour l'horloge de référence DVB-T du flux de la liaison descendante et par conséquent pour chaque groupe existant de canaux (c'est-à-dire canaux de 6, 7 ou 8 MHz). Par exemple, pour une grille de canaux de 8 MHz, la largeur de bande du canal RCT varie d'environ 1 MHz à 7,6 MHz, pour des espacements de porteuses de 1 kHz et 4 kHz respectivement.

En outre, le canal DVB-RCT peut être subdivisé en 1 024 ou 2 048 porteuses. Grâce aux trois espacements de porteuses disponibles, la largeur de bande du canal DVB-RCT peut être de 1, 2, 4 ou 8 MHz. Bref, outre son efficacité spectrale intrinsèque, le système DVB-RCT met à profit tout segment du spectre inutilisé ou sous-utilisé, de façon à offrir un canal de retour DVB-T.

Trames de transmission

Afin de compléter la définition du canal de radiofréquence – outre la subdivision en temps et en fréquence – le système DVB-RCT comporte deux trames de transmission.

La première (TF1) utilise chaque période de symbole MROF pour une activité spécialisée. Par conséquent, le premier symbole de la trame est le symbole vide (qui permet à la station de base de détecter les brouilleurs), les six autres symboles suivants sont affectés à la procédure de télémétrie, tandis que les 176 autres sont utilisés par le terminal RCT pour transmettre des données.

La deuxième trame de transmission (TF2) n'utilise pas le symbole vide, mais se compose des symboles d'utilisation générale – dont 48 sont organisés en 8 groupes de 6 symboles consécutifs. A l'intérieur de chaque groupe, 1K ou 2K porteuses sont réparties dans des sous-canaux (constitués de 4, 29 ou 145 porteuses) afin d'effectuer des fonctions de télémétrie par la technique MC-AMRC. Bref, les trames de transmission TR2 structurent les activités dans le domaine des fréquences, tandis que les trames TF1 le font dans le domaine temporel.

Structures de salve

Les terminaux RCT peuvent émettre des données suivant trois types de répartition en temps et en fréquence appelés structures de salve. Une salve de données est constituée de 144 symboles modulés, dans lesquels de 30 à 36 porteuses pilotes sont introduites (afin d'obtenir une démodulation cohérente au niveau de la station de base).

Les trois structures permettent d'obtenir différents compromis entre la durée des salves et la diversité en fréquence. Les salves plus courtes permettent d'obtenir moins de brouillage mais exigent l'utilisation de plusieurs porteuses parallèles et une répartition entre ces dernières de la puissance disponible.

Capacité de débit binaire

Pour émettre des données le terminal RCT module les porteuses d'une structure de salve au moyen d'une constellation MAQ-4, MAQ-16 ou MAQ-64, protégée par un débit de codage d'erreur FEC de 1/2 ou 3/4. Ces constellations comprennent deux structures de salve, trois modes d'espacement de porteuse et quatre possibilités d'intervalles de garde. Elles confèrent généralement au système DVB-RCT un débit binaire net par porteuse allant de 0,6 kbit/s à 15 kbit/s. Lorsque toutes les porteuses sont utilisées, la station de base est en mesure de recevoir un débit allant de 1 Mbit/s à 30 Mbit/s de données d'utilisateur par le canal DVB-RCT.

Tandis que les modes les plus robustes assurent le débit binaire le plus faible sur une cellule dont le rayon est important, les modes les plus vulnérables assurent le débit binaire le plus élevé sur une cellule de rayon réduit.

Modulation adaptative à assignation dynamique

Le système DVB-RCT prend en charge l'utilisation simultanée de différentes modulations dans la même cellule. La fonctionnalité ainsi intitulée (modulation adaptative à assignation dynamique) permet à un prestataire de service de limiter le niveau de brouillage provenant d'une cellule déterminée dans les cellules du cocanal voisin, tout en assurant à chaque usager le débit binaire maximum.

Couverture du système DVB-RCT obtenue avec des antennes de toit fixes

Avec une puissance limitée à 1 W (30 dBm) la cellule émettrice montante DVB-RCT est en mesure de répondre à la cellule distributrice descendante DVB-T. Le récepteur DVB-RCT peut également démoduler un signal DVB-RCT faible, tout en étant situé au voisinage d'un émetteur de signaux de télévision de plusieurs kilowatts

Les services DVB-RCT sont accessibles en tout point où l'on peut recevoir un signal DVB-T; la réception des signaux DVB-RCT reste possible, même dans un contexte de saturation du spectre.

Au bord d'une zone desservie par DVB-T (jusqu'à 80 km de distance de l'origine de la liaison descendante DVB-T), une émission en retour DVB-RCT peut néanmoins être établie avec une puissance émettrice de 15 à 20 dBm, soit une valeur nettement inférieure au niveau de puissance maximum de 30 dBm.

Couverture du système DVB-RCT obtenue avec une antenne portable

- Le système fonctionne correctement sans exiger une puissance DVB-RCT supérieure à 20 dBm. Généralement, l'affaiblissement des émissions depuis l'extérieur vers l'intérieur est d'environ 9 à 12 dB et ne compromet pas le bon fonctionnement du système;
- Après une amplification de 95 dB, un signal faible provenant d'un terminal DVB-RCT «intérieur» peut être réémis efficacement vers une station de base éloignée.

Le système DVB-RCT constitue la meilleure option disponible pour établir un canal d'interaction par voie hertzienne destiné à la fourniture de services interactifs de télévision numérique par voie hertzienne de Terre, et ce pour les raisons suivantes:

- le système DVB-RCT se caractérise par son efficacité spectrale, son faible coût, la puissance des signaux; il constitue en outre un système MROF hertzien souple à accès multiple;
- le système DVB-RCT peut desservir des cellules étendues (jusqu'à 65 km de rayon) tout en offrant couramment une capacité de débit binaire de plusieurs kilobits par seconde à chaque téléspectateur;
- le système DVB-RCT peut acheminer des pointes de trafic très importantes, puisqu'il a été spécifiquement conçu pour traiter jusqu'à 20 000 interactions brèves par seconde dans chaque secteur de chaque cellule;
- il est possible d'utiliser le système DVB-RCT avec des cellules plus petites, pour créer des réseaux plus denses avec des cellules d'un rayon inférieur ou égal à 3,5 km de façon à obtenir par usager une capacité de débit binaire de plusieurs mégabits par seconde;
- le système DVB-RCT a été conçu pour utiliser tout intervalle disponible ou sous-utilisé du spectre dans les bandes III, IV et V, sans produire de brouillage des services de radiodiffusion de base analogique et numérique;
- le système DVB-RCT peut desservir des dispositifs portables, offrant ainsi une possibilité d'interactivité partout où l'on peut recevoir un signal de radiodiffusion numérique terrestre;
- le système DVB-RCT peut être déployé à l'échelle mondiale, bien qu'à présent différents systèmes DVB-T (canaux de 6, 7 ou 8 MHz) soient utilisés;
- le système DVB-RCT n'exige pas une puissance supérieure à 1 W (30 dBm) pour les émissions d'un terminal d'usager ou d'un boîtier décodeur vers une station de base.

NOTE: La Commission d'études 6 de l'UIT-R étudie actuellement le système DVB-RCT.

- **Application des technologies de radiodiffusion télévisuelle par câble à l'établissement de canaux de retour de radiodiffusion numérique par voie hertzienne de Terre**

Le problème majeur auquel se heurte la création de réseaux interactifs de radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre tient à l'établissement du canal de retour.

Les systèmes de radiodiffusion télévisuelle par câble fournissent la solution la plus simple. Les problèmes posés par la création de canaux de radiodiffusion télévisuelle numérique interactifs ont à présent été étudiés du point de vue technique de façon très détaillée, suivant des méthodes strictement identiques à celles appliquées à l'étude des moyens de transmission par câble. Or, du point de vue des pays en développement, le recours au réseau câblé, tant pour la radiodiffusion télévisuelle numérique en tant que telle (liaison descendante) que pour l'établissement de canaux de retour pour la radiodiffusion télévisuelle numérique terrestre (liaison montante) n'est pas toujours une solution viable (essentiellement pour cause de non-disponibilité). Si l'on veut établir des canaux de retour assurant une parfaite interactivité, il faut créer des réseaux câblés de nouvelle génération basés sur les technologies hybrides HFC. L'établissement de canaux de retour pour la radiodiffusion télévisuelle numérique sur la base des réseaux existants de câblodiffusion analogique semble peu viable et par ailleurs sans perspectives techniques intéressantes. D'autre part, la pose de câbles optiques dans le cadre de la création de réseaux de nouvelle génération demande des investissements initiaux substantiels. Au demeurant, la pose de nouveaux câbles est purement et simplement impossible dans certaines parties des agglomérations, en raison des particularités du relief local ou pour certaines raisons indépendantes des aspects techniques. Le réseau RTPC permet évidemment d'établir un

canal de retour; or, contrairement aux systèmes de radiodiffusion, les réseaux RTPC ne sont pas présents partout. De plus, dans cette hypothèse, l'utilisateur serait tenu d'acheter des services interactifs de radiodiffusion télévisuelle numérique auprès de deux prestataires au lieu d'un seul avec toutes les conséquences économiques préjudiciables qui s'ensuivent.

Cela étant, la solution des problèmes posés par l'établissement du canal de retour nécessaire à la radiodiffusion télévisuelle par voie hertzienne de Terre conduit naturellement à envisager les moyens radioélectriques. En particulier, une solution envisageable consiste à faire appel aux systèmes multipoints de distribution locale (lesquels en raison de leur largeur de bande peuvent également servir à créer des canaux de retour de radiodiffusion télévisuelle numérique). Pour ces systèmes l'ETSI a mis au point la norme d'établissement du canal de retour (ETSI EN301 199 V1.2.1 radiodiffusion vidéonumérique (DVB); canal d'interaction pour systèmes multipoints de distribution locale (LMDS), 1999). Les formats des données émises à l'aide de cette technologie sont quasi parfaitement compatibles avec le format de données DVB DAVIC applicable aux réseaux de télévision par câble. Cependant, les fréquences d'émission comparativement élevées, la nécessité d'utiliser des équipements d'utilisateur supplémentaires, et la complexité des dispositifs à ondes centimétriques conformes aux spécifications requises, rendent cette option sensiblement moins intéressante du point de vue de la viabilité commerciale.

Parmi les différentes options envisageables pour la création du canal de retour destiné à la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre, il semble judicieux de réfléchir à la possibilité d'appliquer la technologie DVB/DAVIC aux systèmes de câblodiffusion. Cette option permet d'assurer la compatibilité du système avec les technologies LMDS. D'autre part, la norme DVB/DAVIC offre la possibilité de contrôler par un canal direct jusqu'à 8 canaux de retour, ce qui peut contribuer utilement à la capacité d'accroissement de la charge d'un canal de retour.

Examinons à présent la possibilité de créer un canal de retour destiné à la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre en faisant appel à la technologie DVB/DAVIC mise en œuvre dans les bandes de fréquences IV et V. La diffusion des signaux radio est difficilement prévisible dans une agglomération urbaine dense. Toutefois, des modèles et des méthodes d'ores et déjà mis au point peuvent être utilisés et le sont effectivement pour définir ou concevoir des systèmes de communication mobiles; ils permettent ainsi d'estimer avec une précision satisfaisante l'amplitude du signal au point de réception. A l'inverse des téléphones mobiles, les boîtiers décodeurs des usagers étant des dispositifs fixes (il n'est pas question ici des problèmes posés par la réception mobile des signaux de radiodiffusion télévisuelle numérique) pourraient faire l'objet de modèles simplifiés. Cela tient au fait que l'affaiblissement du signal le long du trajet radioélectrique dans une agglomération urbaine dense résulte de l'affaiblissement en parcours libre et des pertes supplémentaires dues à la diffraction par les toitures. Le canal de retour destiné à la radiodiffusion télévisuelle interactive dans les bandes de fréquences IV et V pourrait être établi de deux façons: émissions de données par le canal de retour à partir du boîtier décodeur proprement dit de l'utilisateur (le cas le plus difficile correspond à un boîtier de codeur posé au niveau du sol); ou utilisation d'une antenne directionnelle installée sur le toit d'un bâtiment.

La création du canal de retour par voie hertzienne dans les bandes de fréquences IV et V exige essentiellement la régulation de la puissance de sortie de l'émetteur du modem de l'utilisateur. Or, cette valeur dépend directement quant à elle de l'étendue de la zone desservie par le système. Pour améliorer les caractéristiques électromagnétiques de la transmission hertzienne, il convient de réduire au minimum la puissance de sortie de l'émetteur du modem, alors que d'autre part la zone de couverture du signal acheminé par le canal de retour devient d'autant plus petite. Outre la puissance émettrice du modem, l'efficacité du canal de retour est également fonction de la valeur limite du rapport signal/bruit des signaux émis. Pour étendre davantage la zone de couverture, il y a intérêt à émettre les données avec une modulation d'alphabet de longueur réduite. La probabilité du TEB (taux d'erreur sur les bits) permet d'évaluer la qualité du système. Par exemple, avec un bruit gaussien en entrée avec une modulation MDPQ, la puissance considérée de 11 dB et la valeur limite du rapport signal-bruit correspond à un TEB de 10^{-6} . Estimons à présent les possibilités en matière de création du canal de retour par cette méthode en fonction des spécificités de diffusion des signaux. Pour émettre dans la bande de 900 MHz par le canal de retour de la bande de fréquence de 200 kHz (signal MDPQ) avec un rapport signal-bruit de 7 dB, de façon à garantir une couverture de 5 km

(l'affaiblissement en parcours libre est estimé à 105,5 dB), il faut une puissance de sortie du modem de l'utilisateur égale à 36,7 dB/mW. Si l'on veut obtenir une zone de couverture plus étendue, par exemple de 15 km de rayon (en l'occurrence l'affaiblissement en parcours libre est évalué à 115,1 dB), il faut alors une puissance de sortie du modem de 36,2 dB/mW. Lorsqu'on établit le canal de retour au moyen de la bande de 300 MHz avec une couverture de 5 km (affaiblissement en parcours libre estimé à 96,0 dB), il faut une puissance de sortie du modem de l'utilisateur égale à 23,1 dB/mW, celle-ci devant atteindre 32,7 dB/mW avec une courbure de 15 km (affaiblissement en parcours libre estimé à 105,5 dB). Dans un cas comme dans l'autre, l'affaiblissement de signal dû à la diffraction est de 30,0 dB.

Par conséquent, lorsque des boîtiers décodeurs sont posés au niveau du sol et en l'absence de tout dispositif supplémentaire, la puissance de sortie du signal émis par le terminal de l'utilisateur, transmis par le canal de retour par voie hertzienne de Terre, est comparable à la puissance de sortie des téléphones cellulaires; toutefois, en raison de la largeur de bande du signal émis dans les bandes IV et V, l'écart entre les spécifications de puissance, suivant la fréquence centrale du canal de retour (900 MHz ou 300 MHz), est suffisamment grand. Les conditions de fonctionnement du modem de l'utilisateur, avec un canal de retour utilisé de cette façon (antenne du boîtier décodeur située au-dessous du toit), sont comparables à celles des systèmes de communication mobiles. Etant donné que les boîtiers sont utilisés pour la plupart en réception fixe, nous n'examinons pas ici (tel qu'indiqué plus haut) les problèmes posés par la réception des signaux de radiodiffusion numérique et l'établissement du canal de retour dans le cas d'un terminal en mouvement.

Lorsqu'il faut obtenir une zone de couverture plus étendue, avec évidemment les mêmes contraintes concernant la puissance de sortie du modem, il peut être intéressant (tel qu'indiqué plus haut) d'établir le canal de retour au moyen d'un réseau de distribution à domicile avec une antenne directionnelle installée sur le toit: l'utilisation des antennes directionnelles de ces réseaux supprime l'affaiblissement supplémentaire de signal imputable à la diffraction, mais diminue en outre notablement la puissance de sortie requise pour les émissions du modem sur le canal de retour. D'autre part, les sources de signaux brouilleurs dont l'apparition est due à la distribution multifaisceau sont alors également moins nombreuses. Ce mode d'établissement du canal de retour permet d'utiliser une modulation d'alphabet plus longue (par exemple MAQ-16 DOCSIS) et d'augmenter ainsi le débit d'émission. Pour la transmission de données par le canal de retour d'un réseau de distribution à domicile, avec une antenne installée sur le toit, il faut alors une puissance à la sortie de l'antenne sensiblement plus faible. En outre, la zone de couverture enregistre une extension substantielle. Aussi, pour émettre par un canal de retour dans la bande de 900 MHz, avec une bande de fréquences de 200 kHz (modulation MDPQ du signal émis), un rapport signal/bruit du boîtier de 7 dB et un facteur d'amplification d'antenne de 7, de façon à obtenir une zone de couverture de 15 km (affaiblissement en parcours libre de 115,1 dB/mW), il faut une puissance émettrice de 5,2 dB/mW à la sortie de l'antenne. Par ailleurs, pour une zone de couverture de 30 km (affaiblissement en parcours libre de 121,1 dB/mW), il faut à la sortie de l'antenne une puissance émettrice de 11,3 dB/mW. Enfin, pour émettre par le canal de retour un signal MAQ-16 et couvrir une zone de 15 km, il faut une puissance à la sortie de l'antenne de 9,2 dB/mW, alors que pour une zone de 30 km, cette puissance doit atteindre 15,3 dB/mW. La zone couverte par le canal de retour augmenterait par ailleurs avec un codage antibruit des émissions. Il convient toutefois de signaler que l'établissement du canal de retour pour un réseau de distribution à domicile exige des équipements supplémentaires et conduit évidemment à grever le coût du système.

Une autre option en matière de création de grands systèmes d'information, avec faible puissance de sortie du terminal de l'utilisateur et zone de couverture étendue, est celle du réseau à fréquence unique (RFU) dont la mise en place est possible grâce aux intervalles de protection des signaux du système DVB-T introduits pour empêcher la diffusion multifaisceau. Ce type de réseau fonctionne de façon efficace en réception des faisceaux directs et des faisceaux réfléchis; la mesure de cette différence est égale à la longueur d'un intervalle de protection. En fonction des paramètres du système DVB-T la création de réseaux à fréquence unique est possible pour une distance entre le point de réception et l'origine du signal brouilleur comprise entre 2,1 et 67,2 km. La structure du système RFU peut être considérée comme ayant pour effet de subdiviser une zone de couverture étendue en petites zones (cellules) individuellement dotées d'un dispositif quelconque de réémission. Les normes relatives aux systèmes de ce type qui diffusent des données dans le format DVB-T ont été élaborées par l'ETSI (ETSI TS 101 191 V1.3.1 Radiodiffusion vidéo numérique (DVB); mégatrame DVB pour synchronisation des réseaux à fréquence unique (2001)); ces normes exigent

l'intégration des données de synchronisation au flux MPEG. Le signal au niveau du point d'émission est démultiplexé, synchronisé et remodulé. Les signaux vers la station de base sont acheminés par un type quelconque de système de distribution (par exemple fibre optique).

Ce mode d'établissement du canal de retour pour la radiodiffusion télévisuelle numérique réduit les exigences en matière de puissance d'émetteur dudit canal. De plus, la zone desservie par le système est déterminée par la longueur de l'intervalle de protection propre aux signaux DVB-T. Pour garantir la compatibilité des signaux entre les différentes «cellules», on peut faire appel à une répartition en fréquence des canaux. Toutefois, il convient de noter que le traitement de signaux supplémentaires à faible fréquence complique notablement le système compte tenu de la nécessité d'installer des stations réceptrices et émettrices supplémentaires (analogues aux stations de base des systèmes de communication cellulaires). Par conséquent, la création de réseaux à fréquence unique s'apparente à celle de systèmes de communication cellulaires. De ce fait, les premiers ont tous les avantages et tous les inconvénients des seconds. En définitive, compte tenu des débits élevés, les caractéristiques énoncées ci-dessus donnent de bonnes raisons d'estimer que les réseaux de radiodiffusion télévisuelle numérique interactifs seraient hautement compétitifs.

2.5.3 Nouvelles technologies émergentes

La naissance de marchés de télécommunication électronique dans lesquels les distinctions traditionnelles entre radiodiffusion et télécommunication deviennent de plus en plus floues, remet en question la justification du maintien des cadres réglementaires distincts actuels qui régissent ces deux domaines. Or, l'intégration des cadres réglementaires n'est pas simple et implique davantage que la création d'une instance unique; elle exige en effet un examen complet des cadres juridiques et administratifs des secteurs jusqu'ici distincts, et la création d'un cadre unique, homogène par rapport à l'ensemble du secteur des télécommunications électroniques. Les nouvelles plates-formes, en particulier l'internet large bande et les services offerts dans ces conditions, entreront en concurrence avec les services classiques assurés par l'intermédiaire des infrastructures de radiodiffusion et de télécommunication. Ces perspectives définissent par ailleurs un enjeu majeur en matière de réglementation. Les nouveaux développements n'impliquent pas la nécessité d'étendre à d'autres plates-formes ou à d'autres services le domaine d'application des réglementations existantes. Ils fournissent plutôt l'occasion de les réexaminer et de les alléger.

Les cadres administratifs et réglementaires ont déjà fait l'objet de transformations notables en ce qui concerne le secteur des télécommunications au cours des cinq dernières années dans beaucoup de pays. Bien que de grandes transformations aient eu lieu dans le contexte de la radiodiffusion du fait de la numérisation, de l'apparition de la télévision numérique, de l'impact croissant des services audiovisuels sur internet, et de la convergence des technologies et des services, la transformation des cadres réglementaires n'a pas revêtu une importance aussi considérable que dans le domaine des télécommunications.

Les technologies numériques et la diffusion des nouveaux moyens de transmission ont eu pour effet de multiplier le nombre de plates-formes capables de transmettre des données vidéo. Elles ont en outre modifié les caractéristiques traditionnelles de la radiodiffusion telles que l'absence d'interactivité et sa conception en tant que service «un vers plusieurs». Ces transformations ont des implications du point de vue de la réglementation, en particulier quant aux critères et aux méthodes d'autorisation d'accès au marché. La réglementation de la radiodiffusion s'est étendue à un certain nombre de domaines clés. Les pouvoirs publics ont fixé le nombre des intervenants sur le marché et déterminé la nature de leurs offres de service par le biais d'une série de conditions et de règles d'octroi des licences. Bien que les pouvoirs publics aient traditionnellement fixé le nombre de licences de radiodiffusion sur la base de considération de spectre, ce facteur est devenu moins contraignant grâce aux techniques de numérisation et de compression; par ailleurs, l'éventail des technologies permettant de fournir aux ménages des services de radiodiffusion ou de diffusion par le web relativise la pertinence des arguments en faveur de la radiodiffusion eu égard à son impact social (et le besoin de réglementation qui en résulte).

Le développement de la télévision numérique permet un réel essor de l'accès au marché et par conséquent, des perspectives de concurrence. L'éventualité d'une multiplication et d'une diversification des intervenants annonce une diversité et un caractère plus novateur des services par comparaison à l'époque de la radiodiffusion analogique par voie hertzienne de Terre. L'intensification de la concurrence et l'élaboration de

nouveaux services sur des marchés qui ont convergé exigeront des modifications du cadre réglementaire actuel de la radiodiffusion. De plus, la convergence met en cause l'association traditionnelle de deux ensembles distincts de réglementations, portant sur des domaines tout à fait différents: autrement dit: les règlements concernant la gestion du spectre et ceux qui visent à atteindre certains objectifs sociaux tels que le développement de l'identité nationale et de la diversité culturelle. Aussi, le fractionnement de la réglementation concernant la radiodiffusion et les télécommunications n'est pas de nature à garantir l'instauration d'un cadre homogène et souple adapté à la convergence de ces deux secteurs.

La coordination horizontale revêt une importance particulière en matière de gestion du spectre et de réglementation des opérateurs, afin de garantir une gestion efficace de la ressource, d'éviter une distorsion des marchés et de renforcer la concurrence entre les différentes infrastructures. Le déploiement des contenus doit sans doute rester lié à la réglementation concernant les infrastructures.

2.5.3.1 WiMAX

Le forum WiMAX (interopérabilité mondiale des accès d'hyperfréquence) est une organisation corporative sans but lucratif fondée en avril 2002 par des fournisseurs pilotes d'équipements d'accès hertziens et de composants de télécommunication. La mission du forum WiMAX consiste à poser les bases de l'acceptation et de l'application par le secteur tout entier des normes IEEE 802.16 et ETSI HiperMAN, à savoir du mode MROF (256 FFT) couvrant les bandes 2-11 GHz. Grâce à des définitions rigoureuses des modalités d'essai et de certification des produits, le forum Wimax peut permettre au secteur de la radiodiffusion par voie hertzienne (BWA) de réussir à observer des normes d'interopérabilité.

Des informations sur le forum WiMAX peuvent être obtenues sur le site: www.wimaxforum.org

2.5.3.2 Visiophonie sur le réseau public fixe

Depuis juin 2004, un opérateur italien propose un nouveau service: grâce à un nouveau poste téléphonique équipé d'un petit écran de télévision associé à une caméra, l'abonné au service public fixe a la possibilité de voir et d'écouter ses interlocuteurs sans devoir utiliser un ordinateur personnel. L'objectif de cet opérateur consiste à équiper dans les trois ans à venir 9 millions d'abonnés, soit 33% de l'ensemble des abonnés au réseau public fixe italien.

Cette nouvelle technologie s'appuie sur un algorithme de compression permettant de transmettre un message vidéo sur les lignes ordinaires à une vitesse de 56 kbit/s. Elle utilise un récepteur de 4 pouces de diamètre autorisant un affichage de 64 000 couleurs. L'abonné peut déconnecter la caméra. La technologie employée ne comporte pas nécessairement un abonnement large bande RNIS ou ADSL; le support de transmission utilise exclusivement les lignes du réseau public.

Dans un premier temps, ce service est réservé aux abonnés de l'opérateur. Toutefois, celui-ci envisage d'en faire bénéficier d'autres abonnés munis d'un téléphone portable ou avec des abonnés dont l'ordinateur personnel possède une liaison par webcam. De plus, l'opérateur italien étudie la possibilité d'interconnexion avec d'autres opérateurs nationaux.

NOTE – Ce nouveau service pourrait être disponible en France et en Allemagne en 2005.

2.5.3.3 Vidéo sur ADSL

La transmission de données vidéo sur ADSL a été conditionnée au départ par la capacité d'absorber sur ce réseau l'accroissement de charge dû aux données contenues dans les signaux de télévision. La télévision exige un débit de transfert de 3 à 4 Mbit/s alors que le réseau ADSL autorise un débit maximum de 1,024 Mbit/s. La transmission de données vidéo s'effectue suivant un codage différent du codage des données internet: à savoir sans brouillage; le codage adopté correspond à la norme MPEG-2, les informations reçues étant traitées par un décodeur (distinct ou intégré au modem ADSL) et envoyées directement au récepteur de

télévision. Le système exige l'équipement des multiplexeurs du réseau public commuté (DSLAM) avec un composant réservé aux données vidéo sur ADSL; au domicile de l'abonné, aucune modification ou adjonction d'équipement n'est nécessaire (aucune modification des filtres ni des connexions). La distance maximum entre le central téléphonique et l'abonné est identique à celle imposée par les liaisons internet sur ADSL soit de l'ordre de 3 km.

NOTE – Recommandation UIT-T G.993-1: nouvelle méthode globale permettant d'obtenir une ligne d'abonné numérique à très haut débit et offrant un accès au réseau de plusieurs mégabits via les lignes téléphoniques ordinaires, permettant ainsi d'établir plusieurs flux vidéo numériques de haute qualité, ainsi qu'un accès à l'internet haut débit et une liaison téléphonique.

2.5.3.4 Fibres optiques

Une nouvelle norme concernant les fibres optiques, propre à faciliter la tâche des opérateurs de réseau désireux d'étendre la largeur de bande disponible pour optimiser le recours à la technologie dans le cadre des réseaux de soins de santé, a été adoptée par le groupe MD-T (SG15) en avril 2004: il s'agit de la Recommandation UIT-T G.656.

Cette Recommandation facilitera le déploiement dans les zones métropolitaines du multiplexage approximatif par répartition en longueur d'ondes (CWDM) et augmentera la capacité des fibres des systèmes de multiplexage dense par répartition en longueur d'onde (DWDM). Le multiplexage par répartition en longueur d'onde augmente la capacité de transport de données d'une fibre optique en permettant le fonctionnement simultané sur plusieurs longueurs d'onde.

La Recommandation UIT-T G.656 permet aux opérateurs utilisant la technologie CWDM de déployer des systèmes sans devoir corriger la dispersion chromatique, phénomène qui, à faible intensité, compense la distorsion, mais risque à des niveaux plus élevés de rendre un signal inutilisable. En dépit de sa complexité, la gestion de la dispersion chromatique est essentielle compte tenu de la multiplication des longueurs d'onde utilisées dans les systèmes WDM.

La technique CWDM signifie:

- des applications économiques grâce à une combinaison de lasers monomode non refroidis, de tolérances de longueur d'onde laser assouplies et de filtres passe-bande larges;
- une portée de 90 km pour 2 canaux bidirectionnels à 1,25 Gbit/s sur une seule fibre;
- une portée de 55 km pour 8 longueurs d'onde à 2,5 Gbit/s;
- une portée de 42 km pour 8 canaux bidirectionnels à 1,25 Gbit/s sur une seule fibre (classique);
- une portée de 42 km pour 16 longueurs d'onde à 2,5 Gbit/s utilisant des fibres à crête d'eau basse.

Recommandations pertinentes de l'UIT-T:

G.652 Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes

G.694 Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueur d'onde: grille espacée CWDM

G.695 Interfaces optiques pour applications à multiplexage par répartition approximative en longueur d'onde.

La Recommandation UIT-T G.656 se traduit également par la possibilité d'ajouter au moins 40 canaux aux systèmes DWDM. Dans ce cas, la dispersion chromatique permet de limiter les brouillages préjudiciables dans ce secteur non protégé du spectre optique.

Tous les réseaux optiques permettront aux prestataires de service de mettre en place des applications telles que la vidéo à la demande, les jeux vidéo en ligne transmis en continu et les communications vocales selon le protocole internet (VoIP). Dans le cas des réseaux optiques passifs (PON, *Passive optical network*), les signaux sont acheminés par des rayons laser et envoyés à leur destination sans utiliser de circuit électronique actif. En supprimant la dépendance par rapport aux coûteux éléments de réseaux actifs, les opérateurs peuvent réaliser d'importantes économies. Au niveau de la boucle locale, la technologie PON sert à raccorder des locaux d'utilisateur final dans un réseau à fibre optique.

2.5.3.5 Evolution de la norme DRM

La norme DRM est une norme souple et ouverte dont la conception a été adaptée aux bandes AM (LW, MW, SM et nouvelle incidence verticale en ondes courtes). Toutefois, puisque les fonctionnalités DRM seront installées dans des récepteurs dotés conjointement de capacités numériques et analogiques pendant la période de transition pour l'écoute dans les bandes radio FM et AM traditionnelles, certains constructeurs, entreprises, radiodiffuseurs et opérateurs de réseaux ont décidé d'utiliser le système ou standard DRM dans les bandes VHF (bandes I et II). L'avantage pour l'auditeur résidera dans la possibilité de recevoir des signaux numériques dans toutes les bandes radio AM et FM traditionnelles, c'est-à-dire de conserver le niveau de complexité de la puce électronique et de bénéficier d'un prix plus faible pour un équipement destiné à un marché plus vaste que celui des récepteurs radio AM numériques.

2.5.3.6 Systèmes radio hybrides

a) Aux Etats-Unis, deux systèmes hybrides (par voie hertzienne de Terre et par satellite) ont été introduits: les systèmes XM radio et SIRIUS, l'un et l'autre fondés sur le même principe. Dans un grand pays caractérisé par une forte concentration de population en milieu urbain et une faible densité en dehors des grandes villes, il est plus rationnel d'un point de vue économique d'utiliser un satellite de radiodiffusion couvrant l'ensemble du pays et un système de radiodiffusion par voie hertzienne de Terre dans les zones denses où le signal du satellite ne peut pénétrer (bâtiments élevés, tours, etc.) et partout où l'écoute au moyen de récepteurs portables et mobiles est possible. Ainsi, la couverture du système est garantie au moyen de répéteurs par voie hertzienne de Terre. Le système est financé suivant le principe de l'abonnement. Les voitures neuves sont munies d'un récepteur intégré, avec abonnement inclus la première année dans le prix du véhicule, de façon à pouvoir intéresser l'auditeur potentiel; l'abonnement doit ensuite être payé pour la deuxième année.

b) En Europe, le système DMB est commercialisé par une société de radiodiffusion par satellite de façon à proposer un système hybride (satellite plus voie hertzienne de Terre) mettant à profit la complémentarité des deux supports.

2.5.3.7 DVB-H

La fusion des services audiovisuels et de télécommunications a d'ores et déjà commencé, puisque la plupart des intervenants dans le secteur des télécommunications envisagent de transmettre les programmes de télévision en faisant appel aux technologies xDSL. Bientôt, l'utilisateur exigera certainement de bénéficier dans la foulée de l'ensemble de services associés. On peut ainsi s'attendre à ce que les services en question puissent mettre à profit un créneau d'opportunité de 8 à 15 ans. (Une durée de huit années correspond approximativement au délai nécessaire à la disparition de la diffusion simulcast de la télévision analogique dans la plupart des pays, tandis que le déploiement des nouveaux systèmes de radiocommunication dont les spécifications sont actuellement examinées sous l'appellation «4G», doit s'étaler sur une période de 10 à 15 ans, en supposant un délai de 10 ans pour atteindre le seuil de rentabilité des technologies 3G.) L'opportunité vient du fait que les communications cellulaires associées à la technologie DVB-T/H pourraient offrir certaines des capacités escomptées des systèmes 4G.

La fourniture à titre commercial aux usagers mobiles de services convergents utilise en particulier la norme DVB-T/DVP-H et le concept de réseau de télécommunication par voie hertzienne (GPRS, UMTS), associés aux réseaux de radiodiffusion vidéo numérique par voie hertzienne de Terre.

Dans le nouveau contexte économique et réglementaire, les activités à long terme de différents groupes de travail internationaux tels que les groupes DVB et 3GPP ont connu un ralentissement du fait de la tendance du secteur à rechercher un retour sur investissement plus rapide. Le projet intégrera à cette tendance récente les derniers développements technologiques, de façon notamment à ce que la radiodiffusion vidéo numérique puisse conserver sa prééminence au niveau mondial en tant que boîte à outil standard; aussi prendra-t-il en charge les activités de conception et d'expérimentation de la norme DVB-H imposées par la concurrence de la technologie RDNIS-T, vis-à-vis de la radiodiffusion vidéo numérique par voie hertzienne de Terre en termes de mobilité et de consommation d'énergie.

Construction et évaluation d'une architecture de réseau ouverte et modulable

Les points d'interfonctionnement entre les différents intervenants et chacun des domaines en cause seront par ailleurs identifiés dans le but de définir les unités d'interfonctionnement éventuellement requises. Les principes de conception du système seront énoncés de manière à prendre en compte les questions de modularité, ce qui exige notamment l'identification des principaux paramètres impliqués par son extension. Il est également essentiel de prévoir l'introduction progressive de systèmes ouverts comportant des fonctions de gestion réparties.

Les essais dans des conditions réelles porteront notamment sur une architecture opérationnelle ouverte constituée de plusieurs cellules de radiodiffusion: ils donneront des indications définitives quant à la viabilité de l'ensemble du système. L'innovation tiendra à la disponibilité d'un système de démonstration ouvert reflétant intégralement l'architecture commerciale. Les fonctionnalités d'itinérance seront testées entre différents sites partenaires par exemple. Les informations en retour provenant d'un groupe d'utilisateurs détermineront le caractère suffisamment convivial des interfaces offertes par les services et établiront leur viabilité tant technique que commerciale.

2.5.3.8 Aspects touchant au passage de la norme MPEG-2 à la norme MPEG-4

Normalisé en 1992, le codage MPEG-2 a été utilisé par les équipementiers à partir de 1995. A l'heure actuelle, cette norme est employée par de nombreux opérateurs de réseaux à satellite: toute amélioration significative implique un processus de modification.

Le codage MPEG-4 AVC, rebaptisé ultérieurement MPEG-4, a été normalisé à l'automne 2004, en liaison avec la structure, les définitions et la configuration de décodage selon la norme DVB. Ce codage implique un double fonctionnement vis-à-vis de la norme MPEG-2 jusqu'à la fin de l'année 2006. Actuellement, les constructeurs du monde entier s'emploient à généraliser les programmes de R & D dans le sens d'une réévaluation des circuits intégrés spécialisés vis-à-vis du codage MPEG-4 et du décodage correspondant, autrement dit vis-à-vis du décodage automatisé des flux de radiodiffusion MPEG-2 et MPEG-4. Il est prévu que ces décodeurs multistandard soient disponibles sur le marché à la fin de 2005, et présentent un rapport de fonctionnement MPEG-4/MPEG-2 égal à 1,30. La norme MPEG-4 devrait permettre en 2006 la transmission d'un programme audiovisuel donné comportant une consommation binaire deux fois moins importante (ou une occupation réduite de moitié de la bande numérique). Ces résultats sont indépendants du support de radiodiffusion: câble, spectre ou ADSL.

De plus, si l'on tient compte de la norme DVB-H, la norme MPEG-4 est particulièrement adaptée à la radiodiffusion mobile: aujourd'hui, le système de codage MPEG-4 est le seul utilisé dans le cadre des essais expérimentaux réalisés en Corée, au Japon, en Allemagne et en Finlande.

D'après les principaux acteurs qui contribuent à la mise au point de la norme MPEG-4, les données du tableau ci-dessous décrivent l'évolution de ce système:

Débit nécessaire	Fin 2004	Mars 2005	Septembre 2005	2 ^e semestre 2006	2 ^e semestre 2007
HD-MPEG-2	12-18 Mbit/s	12-18 Mbit/s	12-18 Mbit/s	12-18 Mbit/s	12-18 Mbit/s
HD-MPEG-4	8,4-12,6 Mbit/s	8,4-12,6 Mbit/s	8,4-12,6 Mbit/s	6,0-9,0 Mbit/s	5,0-7,6 Mbit/s
Amélioration des performances des décodeurs					
SD-MPEG-4/ SD-MPEG-2	30%	30%	30%	50%	58%
HD-MPEG-4/ HD-MPEG-2	30%	30%	30%	50%	58%

2.5.3.9 Convergence IMT-2000/UMTS/GSM et DVB-T

Le Groupe ad hoc DVB-IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM a classé les applications commerciales de la convergence DVB-T et IMT-2000/UMTS/GSM/GPRS suivant différents scénarios. Dans cette classification de la convergence le canal de radiodiffusion est généralement utilisé pour le téléchargement (dans un seul sens) et le canal tlc (RTPC, xDSL, GSM, GPRS, IMT-2000/UMTS et ...) pour les échanges dans les deux sens ou dans un seul. Le point de vue de l'utilisateur est spécifiquement pris en compte en ce qui concerne les services fondés sur la convergence Telco/radiodiffusion.

De nombreux scénarios peuvent être envisagés dans la perspective d'une utilisation coordonnée des réseaux IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM et DVB. Ils vont du simple partage de contenu au partage des ressources électriques. La convergence du réseau mobile repose sur l'hypothèse fondamentale selon laquelle les terminaux peuvent avoir accès aux deux réseaux (DVB et IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM). Cette convergence des deux réseaux améliorera la diversité des services et leurs capacités, réduira les coûts à la charge de l'utilisateur et facilitera normalement l'acheminement du trafic. Cette compatibilité associe les modes service des deux réseaux et permet donc de nouvelles solutions pour les applications. Naturellement, il y aura encore des services qui n'exigent qu'un seul réseau. Certaines applications telles que la télévision interactive peuvent utiliser des terminaux distincts, par exemple, un boîtier décodeur de terminal mobile IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM. De plus, la convergence des réseaux permet de faire appel aux services des opérateurs IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM, tels que gestion des relations clients et facturation de tous les services.

Initialement, les activités du groupe DVB-IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM ont été axées sur la fourniture de services au moyen des plates-formes DVB-T et IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM. Les spécifications seront élaborées par étapes, en fonction de la disponibilité des produits matériels et logiciels actuels et des délais requis pour l'élaboration de nouvelles solutions, concernant principalement les aspects suivants:

a) Services de radiodiffusion interactifs (vidéo, données); utilisation du réseau IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM comme canal de retour pour la télévision interactive. Le réseau IMT-2000/UMTS doit pouvoir substituer le réseau GSM comme canal de retour pour ces services en accès par numérotation, et ensuite en accès à l'internet.

b) Intégration au niveau terminal.

La convergence des réseaux n'est pas absolument nécessaire. La spécification se rapporte uniquement au terminal, qui doit pouvoir assurer la commutation entre les deux réseaux et les services correspondants. Afin d'obtenir l'information requise, l'utilisateur a la possibilité de choisir le service fourni par le réseau DVB ou par le réseau IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM.

c) Intégration au niveau du terminal et du réseau.

Convergence de réseaux, avec utilisation conjointe des ressources de ces réseaux par les applications. Les terminaux sont constitués principalement d'ordinateurs personnels portables, d'assistants personnels, etc., associés à un modem IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM pour l'accès aux services interactifs, fonctionnant sur une plate-forme logicielle compatible dans un cadre domestique ou à bord d'un véhicule. Le combiné mobile et le récepteur de radiodiffusion peuvent être reliés à l'ordinateur personnel (par exemple) par des ports USB. L'attribution de données à l'intérieur du flux de transport DVB est utilisable pour la lecture et la multidiffusion/monodiffusion du carrousel de données internet; le réseau IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM fonctionnera en tant que canal d'interaction pour les services internet.

d) Exploitation mobile: entière mobilité et gamme de services compatibles accessibles au moyen d'un seul combiné (terminal). La fourniture de contenus et de services DVB sur le réseau IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM sera prise en charge. Le contenu peut être acheminé suivant le protocole internet, au moyen de la plate-forme DVB-T, dans tout ou partie du multiplex ou (convenablement réaffecté) sur le réseau IMT-2000/UMTS/GPRS/GSM.

La plate-forme de fonctionnement conjoint intégrera toutes les fonctions autorisant l'interfonctionnement des domaines hérités (radiodiffusion, téléphonie cellulaire) ou de nouvelles fonctions absentes de tous les domaines hérités.

2.5.3.10 Systèmes LMDS

La technologie LMDS à 42 GHz est actuellement parvenue à maturité dans le domaine de la radiodiffusion vidéo numérique par voie hertzienne de Terre, offrant aux usagers des services qui exigent une importante largeur de bande. Ainsi le système multicanal LMDS et le système de codage MPEG-2 à compression de données, autorisant l'acheminement de plusieurs programmes numériques encapsulés à l'intérieur d'un canal vidéo à 33 MHz, peuvent prendre en charge des services NVOD de quasi-vidéo à la demande n'exigeant aucune «liaison de retour» entre l'utilisateur et le fournisseur de services.

Les services à faible interactivité tels que vidéo à la demande, jeux ou applications de téléachat, peuvent être offerts au moyen d'un système LMDS avec un canal de retour téléphonique: la plupart des boîtiers (décodeurs) DVB commerciaux intègrent d'ores et déjà un modem. En outre, il est possible d'obtenir un accès à l'internet avec un canal de retour téléphonique, de façon à réserver certains canaux de liaison descendante LMDS afin d'acheminer le trafic internet.

La technologie LMDS évolue rapidement, tandis que l'introduction de niveaux supérieurs d'interactivité fera passer les applications du strict domaine du loisir aux services accessibles sur une ligne sans fil. Les canaux de retour dans la bande présentent l'avantage d'être indépendants du RTPC du point de vue des fournisseurs de services. L'interactivité oriente les applications fondées sur les technologies LMDS et WLL dans le sens d'une fusion dont l'évolution technique continue contribuera à développer la pénétration de marchés rentables.

Certains services WLL offrent des perspectives commerciales prometteuses aux usagers du secteur des professions libérales et des télétravailleurs; en particulier, la navigation internet au moyen d'une liaison à haut débit est apparemment un service précieux pour la plupart des utilisateurs.

En raison des contraintes liées aux conditions de propagation, il est impératif que les utilisateurs se trouvent en visibilité directe. Le marché cible pour les systèmes à accès sans fil large bande pourrait donc être constitué par un immeuble habité par un seul ou plusieurs locataires, situé dans la zone de couverture de la cellule en visibilité directe de la station de base, et offrant un niveau de trafic suffisant pour prendre en charge dans des conditions économiques viables le coût de l'infrastructure du réseau. La répartition entre chaque utilisateur du canal aller et du canal retour, indispensables, si l'on veut obtenir un niveau d'interactivité élevé, à partir du terminal RF situé sur le toit de l'immeuble, exige également que celui-ci soit connecté par une liaison filaire.

2.5.3.11 Technologie FLO

MediaFlo est une solution de bout en bout qui utilise une nouvelle technologie de radiodiffusion mobile et une interface radioélectrique, connue sous le nom de technologie Forward Link Only (FLO). En concevant cette technologie, on a d'abord voulu résoudre les principaux problèmes que pose la fourniture simultanée de contenus vidéo et audio et/ou d'applications de données à un grand nombre de dispositifs portatifs. Ces problèmes concernent les prescriptions en matière de qualité de service, de capacité de données, de consommation électrique, de couverture, de mobilité et d'efficacité d'utilisation du spectre. Comme de nombreuses technologies de radiodiffusion numérique hertzienne mobile en cours de développement, la technologie FLO utilise le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF).

La technologie FLO est mise à la disposition d'une association professionnelle à but non lucratif, le Forum FLO, afin de soumettre, en vue de leur examen et de leur adoption, des spécifications concertées à des organisations internationales de normalisation. Elle est décrite en détail dans le Rapport UIT-R BT.2049 sur la diffusion d'applications multimédias et d'applications de données sur récepteurs mobiles.

Aux Etats-Unis, un réseau MediaFLO est actuellement en cours de déploiement dans l'ensemble du pays grâce à la technologie FLO. Il utilisera une seule porteuse de 6 MHz, comprise entre 716 et 722 MHz, dans la partie du spectre attribuée à la radiodiffusion. La FCC a également défini les règles techniques applicables aux 700 MHz, règles qui autorisent le déploiement d'émetteurs de forte puissance (p.a.r. de 50 kW). Le réseau peut prendre en charge jusqu'à 100 canaux de contenus, comprenant par exemple jusqu'à 20 canaux de contenus vidéo en flux continu et en direct (résolution QVGA, jusqu'à 30 images par seconde), 10 canaux audio en flux continu et en direct, entre 50 et 80 canaux de vidéos courtes stockées sur des dispositifs

mobiles et de nombreux canaux de données. Ce réseau permettra d'assurer, en coopération avec des radiodiffuseurs et des opérateurs de services hertziens, une couverture nationale pour des services multimédias à l'intention des particuliers. L'exploitation commerciale de ce nouveau réseau devrait débiter au deuxième semestre de 2006.

Acquisition et distribution de contenu

Les programmes linéaires en temps réel proviennent en général directement, via un satellite fonctionnant dans la bande C au format MPEG-2, des radiodiffuseurs qui utilisent les infrastructures existantes, tandis que les contenus, qui ne sont pas en temps réel, sont généralement transmis directement par les fournisseurs de contenus via une liaison IP. Les contenus sont ensuite réacheminés sur le réseau FLO.

Il peut s'agir de contenus vidéo (H.264 QVGA) et audio (MPEG-4 HE-AAC) haute qualité, ainsi que de flux de données IP. Un réseau cellulaire IMT-2000, par exemple de type 1XEV-DO, UMTS ou HSDPA, est nécessaire pour assurer d'importantes fonctions de commande, prendre en charge l'interactivité et accorder à un utilisateur l'autorisation d'accéder au service.

De plus, l'interface radioélectrique FLO autorise l'utilisation du multiplexage statistique, ce qui permet de réaliser d'importantes économies en codant le moyen de communication en temps réel, sous le contrôle binaire d'un multiplexeur statistique qui attribue une largeur de bande à chaque service. Elle satisfait également aux exigences de qualité de service pour chaque programme audiovisuel en autorisant divers débits de codage et diverses modulations pour différentes applications.

Optimisation de la consommation électrique et acquisition de canal

La technologie FLO permet d'optimiser à la fois la consommation électrique, la diversité de fréquence et la diversité temporelle. La technologie FLO a une fonctionnalité unique qui lui permet d'avoir accès à une petite partie du signal total émis sans menacer la diversité de fréquence ou temporelle. En conséquence, l'autonomie d'un appareil mobile utilisant la technologie FLO devrait être comparable à celle d'un téléphone cellulaire conventionnel.

L'interface radioélectrique FLO utilise le multiplexage temporel (TDM, *Time Division Multiplexing*) pour transmettre chaque flux de contenus à des intervalles donnés dans la forme d'onde FLO. Le récepteur du dispositif mobile n'est mis sous tension que lors de la transmission du flux de contenus souhaité et reste en veille le reste du temps.

La technologie FLO réduit au minimum le temps d'acquisition d'un canal pour diffuser des programmes (dans la plupart des cas, moins de deux secondes). Les utilisateurs mobiles peuvent donc naviguer sur les chaînes de programmes aussi facilement qu'avec des systèmes numériques par satellite ou par câble depuis chez eux.

Contenus pour réseaux large zone et réseaux locaux

Les systèmes FLO permettent la coexistence de réseaux locaux et de réseaux étendus sur un même canal radioélectrique. Dans le cas d'un réseau monofréquence, la nécessité de transferts complexes entre zones de couverture disparaît. Le contenu présentant un intérêt commun pour les abonnés d'un réseau large zone est transmis de façon synchrone par tous les émetteurs. Le contenu régional ou local peut être acheminé vers un marché précis.

Mécanismes de transport

La technologie FLO comporte des moyens efficaces de transport des paquets en fonction du type de contenu. Le protocole IP n'est utilisé que lorsqu'il présente un avantage quantifiable, par exemple lors de la fourniture de contenus ou de données «en différé» (texte et graphiques) vers une application IP.

Le média en flux continu et en temps réel est distribué directement vers une couche de synchronisation conçue pour réduire au minimum l'incidence des paquets perdus pendant la transmission. L'un des objectifs premiers de la technologie FLO est d'accroître au maximum l'efficacité en éliminant l'utilisation successive de plusieurs protocoles, d'où une augmentation de la capacité disponible pour les moyens de communication et une diminution de la consommation électrique, étant donné que la réception d'un nombre de bits moindre permet d'économiser de l'électricité.

Chapitre III

Modalités de la transition de la radiodiffusion par voie hertzienne de terre de l'analogique au numérique

3.1 Aspects juridiques et réglementaires

3.1.1 Aspects réglementaires concernant la période de transition

Les plans d'allotissement et/ou d'assignation régionaux constituent la base de référence pour les canaux assignés (ou alloués) à toute administration. Conformément au rapport de la CRR-04, de la première à la deuxième session de la Conférence, il ressort de la Résolution 1 (Chapitres 3 et 5) que la transition de signaux (vidéo, sonores et de données) de l'analogique au numérique oblige les administrations à résoudre différentes questions:

- 1) Date de mise en œuvre de la radiodiffusion numérique, et choix d'une période de période de transition; doit-on envisager une utilisation parallèle de l'analogique et du numérique ou une rupture bien définie?
- 2) Interactions entre la radiodiffusion analogique actuelle et les nouvelles technologies de radiodiffusion numérique.
- 3) Comment utiliser la radiodiffusion télévisuelle (par exemple la technologie DVB-T) et la radiodiffusion sonore (telle que la technologie T-DAB): services distincts ou services dédoublés dans toute la bande européenne III?
- 4) Quelles sont les assignations actuelles et prévues qui doivent être protégées pendant la période de transition?
- 5) Processus de coordination et de notification de la radiodiffusion et des différentes stations existantes.

La radiodiffusion télévisuelle est reçue essentiellement à domicile, tandis que la radiodiffusion sonore implique surtout des récepteurs mobiles. Un signal vidéonumérique suffisamment fort sera reçu à l'intérieur des bâtiments, dans les trains et dans les bus. La radiodiffusion télévisuelle est acheminée jusqu'aux téléspectateurs grâce à des émissions par voie hertzienne de Terre, par satellite, par câble, par système cellulaire et même par la technologie ADSL. La radiodiffusion numérique exige des récepteurs numériques. En outre, les signaux sont de faible intensité – de telle sorte que les utilisateurs devront être équipés en outre de nouvelles antennes.

Le transport des signaux télévisuels par voie hertzienne de Terre présente de nombreux avantages au niveau national, par comparaison aux transmissions par satellite, notamment les suivants: exercice de la souveraineté nationale sur les émetteurs, immunité au brouillage, meilleure interactivité, réception simplifiée. Toutefois, la plupart des téléspectateurs peuvent être atteints par des communications filaires ce qui permet d'économiser les fréquences pour d'autres services, par exemple le téléphone mobile.

Les administrations peuvent laisser à l'appréciation du marché libre la façon de résoudre le problème posé par la réception des signaux de radiodiffusion numérique par voie hertzienne de Terre. Toutefois, dans de nombreux pays, l'opérateur de radiodiffusion est tenu de fournir une couverture nationale d'antenne par voie hertzienne de Terre. Dans des cas communément répandus de ce type, les administrations peuvent subventionner (du moins pour les personnes qui n'en ont pas les moyens) l'acquisition de boîtiers décodeurs, afin d'adapter les récepteurs de télévision actuels à la réception de signaux numériques.

3.1.2 Cadre réglementaire

La législation des télécommunications détermine le cadre réglementaire de toutes les télécommunications, notamment de la radiodiffusion numérique. On peut citer à titre d'exemple: le Wireless Telegraphy Act de 1998 au Royaume-Uni, la Loi sur les télécommunications de 1996 en France, et le Communications Act de 1996 aux Etats-Unis. La réglementation de la radiodiffusion numérique est établie par l'administration, tandis que les normes sont élaborées par l'industrie. Il est recommandé de réglementer la radiodiffusion numérique au niveau régional et non au niveau national.

Le lancement de la radiodiffusion numérique exige l'adoption d'une réglementation appropriée (de préférence légère), en raison par ailleurs de la convergence des éléments suivants:

- 1) Radiodiffusion et télécommunications. Le passage de l'analogique au numérique affecte les principaux prestataires de services multimédias. La radiodiffusion numérique offre une possibilité d'interactivité et de lecture de trois types de signaux (vidéo/audio/données). Elle fait concurrence aux services de câblodiffusion et de radiodiffusion par satellite. Cette concurrence est susceptible de faire baisser les prix et d'améliorer la qualité de service.
- 2) Transport et contenu – autrement dit, l'internet est-il un service de télécommunication ou d'information?

Ces questions peuvent exiger des transformations structurelles au sein des administrations de façon à pouvoir faire face à ces enjeux.

3.1.3 Une norme mondiale ou plusieurs normes

La méthode de radiodiffusion numérique est l'un des aspects devant faire l'objet d'une réglementation. Il incombe à un pays d'opter pour une seule norme, applicable à son territoire et d'affecter la région à la norme choisie; il est indiqué d'utiliser une norme identique à celle des voisins de façon à améliorer la compatibilité et la coexistence des systèmes.

TV-USA (et Canada) ont adopté la norme ATSC¹ (Comité des systèmes de télévision évolués), l'Europe (plus la Russie) la norme DVB-T², et le Japon la norme ISDB-T³; la Chine et l'Inde n'ont pas encore décidé; les différentes normes ne sont pas compatibles. Cette situation rappelle l'expérience vécue en matière de télévision analogique: la norme américaine NTSC en concurrence avec les systèmes européens SECAM et PAL; l'absence de norme mondiale conduit à l'absence de compatibilité.

La diversité des normes a pour principaux avantages de favoriser la concurrence entre les méthodes ainsi que l'innovation; interopérabilité, itinérance, économies d'échelles et limitation des problèmes de partage des fréquences radioélectriques comptent parmi les atouts d'une norme unique. Une norme harmonisée suivant une approche descendante garantit une interopérabilité mondiale (et parfois un monopole); la réussite du réseau GSM présente l'intérêt de la centralisation (par exemple, du point de vue de l'itinérance). En revanche, les normes conçues selon une approche ascendante offrent les avantages du pluralisme, de la concurrence et de l'étalement des risques (en cas d'échec d'une méthode).

Dans le cas de la radiodiffusion numérique, la concurrence entre normes n'entraînera pas une baisse des prix puisqu'une norme unique garantit des économies d'échelle.

Le tableau suivant récapitule les avantages propres à l'unicité ou à la multiplicité des normes:

Tableau 5 – Avantages respectifs d'une ou de plusieurs normes mondiales

	Orientation	Réglementation	Services réseau
Norme mondiale	Harmonisation	Interopérabilité et itinérance; compatibilité	Economie d'échelle
Normes différentes	Concurrence; innovation; pluralisme	Non-intervention; le meilleur gagne	Marché libre; étalement des risques

¹ *Advanced television systems Committee.*

² *Digital video broadcasting–terrestrial* (radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre).

³ *Integrated services digital broadcasting* (Diffusion numérique de services intégrés).

3.2 Aspects techniques

3.2.1 Méthodes de mise en œuvre de la radiodiffusion numérique par voie hertzienne de Terre

La radiodiffusion sonore est un domaine dans lequel les techniques de numérisation par le biais d'algorithmes de codage des sons et même des images sont appelées à se développer. La radio numérique doit en définitive remplacer le réseau analogique hertzien par voie de Terre que nous connaissons actuellement, et parvenir ainsi à optimiser l'utilisation du spectre et les ressources de bande passante. Le recours aux technologies numériques modifiera profondément la radio par voie hertzienne de Terre. Il permettra à la plupart des auditeurs d'accéder à un plus vaste éventail de programmes et de services nouveaux tout en bénéficiant d'une qualité améliorée. Outre l'amélioration de la qualité sonore, cette technologie autorisera la mise au point de nouveaux services tels qu'un système d'information complète sur la circulation, un canal d'informations personnelles, des services de téléapprentissage, etc.

La réception des programmes de radiodiffusion numérique exigera de l'auditeur qu'il soit équipé de nouveaux récepteurs. Ces équipements pourraient être conçus spécifiquement pour une norme particulière ou associer plusieurs normes de radiodiffusion numérique suivant la région et la zone considérées (par exemple, dans plusieurs pays d'Europe, il pourrait s'agir d'une combinaison des normes DRM et T-DAB). Pendant un certain nombre d'années et jusqu'à la disparition des règles de la radiodiffusion analogique, les récepteurs seront vraisemblablement en mesure de recevoir conjointement des programmes de radiodiffusion analogiques et numériques.

La radiodiffusion numérique par voie hertzienne de Terre restera sans doute pendant des années un service gratuit. Ainsi, dans nombre de régions du monde, les auditeurs écoutent gratuitement leurs programmes de radio favoris et ce depuis 80 ans. Seuls des services très particuliers seront fournis moyennant un abonnement et/ou une rémunération.

Dans un paysage audiovisuel caractérisé par le lancement de nombreuses normes nouvelles de radiodiffusion numérique, le choix des normes appropriées et complémentaires adaptées aux allocations de fréquence, à la structure des réseaux (services internationaux, nationaux, régionaux et locaux) et aux fournisseurs de contenus, incombera au pouvoir législatif, à l'organisme de réglementation, aux radiodiffuseurs, aux opérateurs de réseaux et aux constructeurs d'équipements.

Radiodiffusion

Le lancement de la radiodiffusion numérique implique certaines tâches au niveau des sites d'émission. En effet, la mise en œuvre au niveau national de la radiodiffusion numérique implique la modernisation des sites d'émission actuels soit par l'installation de nouveaux émetteurs, soit par la modernisation des émetteurs existants (exemples: transformation des émetteurs analogiques PSM et PDM en émetteurs DRM). Le réseau de contribution doit également être modernisé de façon à pouvoir fournir aux émetteurs des signaux audio comprimés de la meilleure qualité possible, ainsi que les données associées correspondantes.

Les radiodiffuseurs doivent définir leur stratégie d'introduction des nouveaux moyens de radiodiffusion numérique. Ils doivent ainsi convenir du choix d'une norme numérique complète par exemple, un réseau à fréquence unique destiné à l'acheminement de services au niveau national, ou un réseau multifréquence destiné à des services régionaux et/ou locaux.

Quant aux systèmes numériques en modulation d'amplitude, les radiodiffuseurs doivent effectuer ce lancement en accord avec les pouvoirs publics et les organismes de réglementation, soit en faisant appel à une approche de diffusion simultanée multicanal ou monocanal pendant la période de transition. De plus, ils ne doivent pas perdre de vue qu'un système numérique se caractérise par l'absence de frontière mobile entre les fréquences AM. Selon le service considéré ou celui qu'ils souhaitent fournir, il leur appartient de choisir les fréquences les plus appropriées:

Exemple: Service continental ou national: HF
 Service national, régional ou local: LF, MF
 Couverture locale: HF dans les bandes de 26 MHz

Qualité de service

L'introduction des techniques numériques dans les réseaux de radiocommunication fournira de nouvelles méthodes de mesure de la qualité de service de bout en bout dans la zone de couverture, en disséminant quelques récepteurs. Si un accord est conclu avec un prestataire d'essais du réseau, il est alors possible que le service fourni par l'opérateur de réseau soit conforme au niveau de qualité défini par l'accord commercial. Au niveau national l'opérateur de réseau peut vérifier que le flux de transport acheminé par le radiodiffuseur est conforme à la norme choisie.

Dans le cas des hyperfréquences numériques, il est possible d'utiliser un outil d'analyse automatique qui mesure la qualité de service dans la zone ciblée, outil capable même de traiter un circuit de retour automatique (excitateur, émetteur, antenne, conditions de propagation de canal et de réception). Le projet européen QOSAM dans le contexte du Sixième projet-cadre a permis à différents partenaires de valider le circuit de retour dynamique au moyen de cinq récepteurs de référence distincts échantillonnés par un analyseur, qui vérifient à distance différents émetteurs. L'émetteur le plus éloigné situé à Bonaire (Antilles) était dirigé vers l'Europe occidentale, à plus de 6 000 km.

Contenus

La numérisation de la radiodiffusion permet d'introduire de nouveaux contenus intéressants qui développent les possibilités multimédias de la radiodiffusion numérique sonore (son, données et même images). L'exploitation de l'accès T-DAB au Royaume-Uni est un exemple d'introduction de contenus entièrement nouveaux et attrayants. La reproduction des contenus actuels, avec simplement une amélioration de la qualité sonore, n'est pas suffisante. Par ailleurs, la numérisation des services de radiodiffusion en ondes courtes autorise des programmes musicaux que le système analogique ne permettait pas de transmettre précédemment (sauf en présence de conditions de propagations idéales – dans lesquelles le son était acceptable – sinon, la plupart du temps le son était trop faible).

Le choix de normes souples permet de proposer un contenu en plusieurs langues et de fournir le service principal parallèlement à un canal d'information radiophonique personnalisée (journal, bourse, etc.) ou d'informations sur la circulation.

3.2.1.1 Radiodiffusion sonore numérique (exemple de la DRM)

a) Introduction

La radiodiffusion numérique AM dans la bande AM dénommée DRM (*digital radio mondiale*) est une réalité. Le système DRM est décrit dans la Recommandation UIT-R BS.1514.

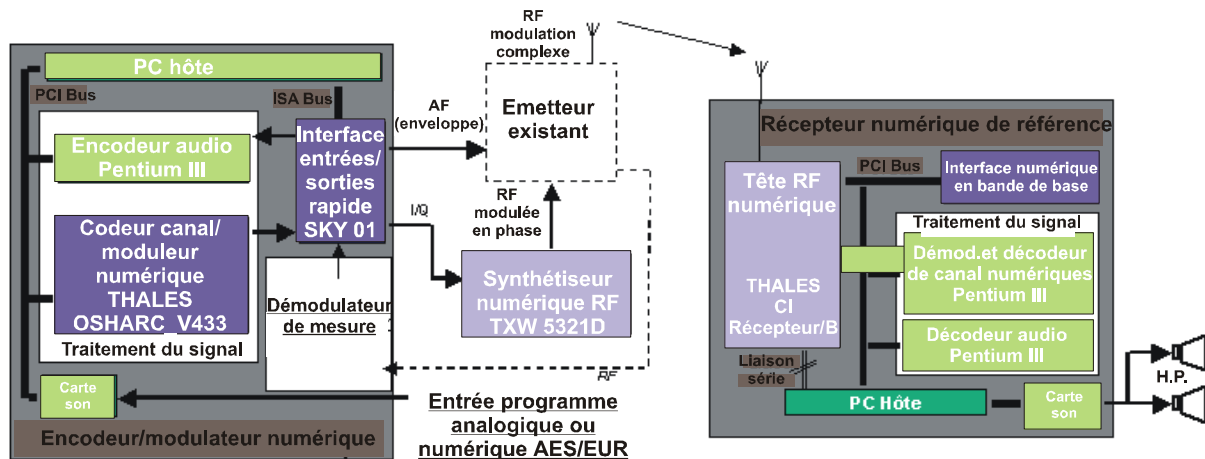
L'opérateur de radiodiffusion, face à cette technologie émergente, se doit d'appréhender le marché potentiel, c'est-à-dire la capacité des auditeurs à concourir au succès de l'implantation des émetteurs DRM. Pour ce faire, l'opérateur doit mettre en place les moyens techniques permettant de vérifier les caractéristiques techniques des équipements qui peuvent être mis à leur disposition par les industriels, sans pour autant acquérir des émetteurs numériques DRM.

A cet effet, il peut être mis à la disposition des opérateurs un équipement «kit d'essai DRM» leur permettant de tester en grandeur réelle la technologie DRM utilisant le réseau existant analogique. Cette nouvelle approche permet d'appréhender la ou les solutions fiables qui peuvent être adoptées pour la mise en œuvre d'émetteurs DRM. Le kit d'essai DRM utilisé permet de satisfaire les besoins de l'opérateur non seulement pendant la période de transition analogique vers numérique (phase expérimentale) mais aussi durant la phase d'exploitation. De plus, en utilisant le kit d'essai DRM avec l'émetteur analogique existant, le radiodiffuseur aura en sa possession une solution performante d'attente jusqu'à l'implantation des émetteurs avec modulateur numérique intégré.

b) Description du kit d'essai DRM

La Figure 18 ci-après donne le schéma synoptique fonctionnel du kit d'essai DRM.

Figure 18 – Schéma synoptique fonctionnel du kit d'essai DRM



b.1 Description générale

Les éléments du kit d'essai DRM sont:

- Un excitateur numérique pour émetteur de radiodiffusion sonore intégré dans deux calculateurs industriels (PC) à savoir:
 - un PC pour le codeur/modulateur numérique comprenant une interface radio, un logiciel de codage audio, un logiciel temps réel canal de codage, un modulateur et un module spécifique entrées/sorties;
 - un PC pour un synthétiseur RF numérique assurant une meilleure qualité et pureté spectrale du signal RF modulé avec un signal d'entrée complexe I/Q (I représentant la phase du signal et Q la quadrature de phase). Il est capable de délivrer un signal RF modulé en phase ou modulé à la fois en phase et en amplitude.

Cet ensemble permet à un émetteur existant de délivrer un signal de radiodiffusion DRM.

- Un récepteur numérique de référence implémenté dans un PC portable à sûreté intégrée. Il inclut une tête RF, une interface numérique en bande de base, un démodulateur/décodeur canal, un décodeur de source numérique ainsi qu'un protocole de contrôle de l'état du récepteur (protocole DRM de tests TC/SE 127).

Le récepteur numérique intègre des fonctions d'analyse en temps réel qui permettent d'extraire automatiquement les paramètres tant relatifs à la qualité du signal reçu que ceux relatifs au canal de propagation.

b.2 Excitateur numérique

La fonction de l'excitateur numérique pour des émetteurs de radiodiffusion est d'exécuter, en temps réel, le traitement des signaux numériques selon le mode de transmission choisi et de délivrer des signaux compatibles à l'entrée audio et à l'entrée RF de l'émetteur associé.

Il est composé de deux principaux sous-systèmes: le synthétiseur RF numérique, la conversion du signal complexe I et Q en bande de base en un signal RF modulé soit en phase soit en amplitude et en phase. Il est contrôlé à partir du codeur/modulateur numérique au moyen d'une liaison série RS 232.

b.2.1 Codeur/modulateur numérique

Le codeur/modulateur numérique est utilisé principalement pour le traitement du signal et le calcul de l'amplitude.

Les paramètres associés tels que: le niveau de sortie du modulateur (niveau de signal de test: 0 à 3 V), le niveau résiduel de porteuse si nécessaire (porteuse résiduelle: 0 à 3 V), et la fréquence du signal de test (réglable de -600 Hz à +6 000 Hz) sont directement réglables à partir de l'interface homme/machine du codeur/modulateur numérique.

- Codage audio

Le codage audio est assuré à partir d'une source externe audio analogique ou numérique AES/EBU (Audio Engineering Society CEI958/European Broadcasting Union technical recommendation ITU R68) au moyen d'un logiciel temps réel de traitement numérique du signal implémenté sur le microprocesseur. De plus, la source audio peut être générée en interne à l'aide du lecteur de CD du calculateur hôte.

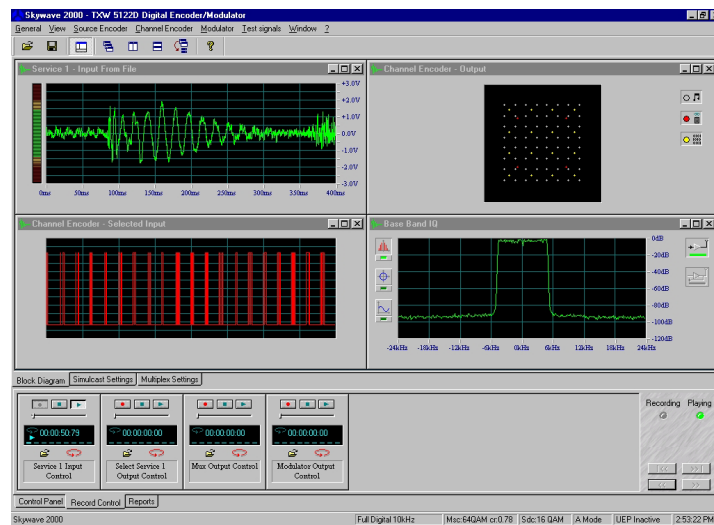
Le débit des données à la sortie du codeur audio MPEG-4 AAC (*advanced audio coding*) et des codeurs de parole MPEG-4 et MPEG-4 HVXC (*harmonic vector excitation coding*) est optimisé automatiquement pour s'adapter à chaque type de transmission, en fonction de la bande de fréquences choisie (4,5, 5, 9, 10, 18 ou 20 kHz), du mode de modulation MSC (*main stream channel*) sélectionné (MAQ-16, MAQ-64), du mode de modulation SDC (*service description channel*) sélectionné (MDPQ, MAQ-16) et du mode de propagation sélectionné (Mode A, Mode B, Mode C, Mode D; par exemple ETSI TS 101980). Ce débit des données à la sortie peut aussi être ajusté manuellement pour utiliser un débit plus faible. Selon la valeur de ce débit, le codage audio MPEG-4 AAC peut être effectué en mono, en stéréo de basse complexité, ou en stéréo.

- Codage de canal et modulation numérique complexe

Le codage de canal et la modulation numérique complexe en temps réel sont assurés par un traitement numérique puissant du signal implémenté sur le microprocesseur du calculateur hôte et sur une carte spéciale basée sur 4 processeurs.

Le modulateur numérique offre plusieurs modes de transmission, de l'analogique AM en DBL (double bande latérale) standard, à la modulation entièrement numérique, en passant par les différentes possibilités de Simulcast et les séquences d'essai spécifiques pour les mesures du taux d'erreurs binaires. De plus, des signaux de tests spécifiques sont disponibles afin de faciliter la mise au point et les vérifications techniques de l'émetteur associé pendant la phase de mise en œuvre.

Figure 19 – Paramètres de transmission en temps réel



- Module d'interface spécifique

Ce module est mis en œuvre sur une carte ISA de grande taille et assure l'interface entre, d'une part, le codeur/modulateur numérique et les équipements associés et, d'autre part, le synthétiseur numérique qui alimente la voie RF de l'émetteur, l'entrée audio et le signal d'enveloppe.

b.2.2 Synthétiseur RF numérique

Le synthétiseur RF numérique permet le traitement des émetteurs AM fonctionnant dans la gamme 50 kHz-30 MHz dans les modes de modulation suivants: DBL, BLU ou modulations numériques complexes. Il se présente sous la forme d'un rack 19" de 3 unités et peut fonctionner avec des modulations analogiques ou numériques. Il peut être connecté à tous types d'émetteurs pourvus d'une interface de télécommande RS 232 ou RS 422. D'autres interfaces telles que RS 485, IEEE 488 ou BCD à 7 chiffres peuvent être implantées.

Lorsque le mode télécommande est désactivé, le synthétiseur peut être exploité localement à l'aide d'un écran à cristaux liquides et d'un clavier permettant une sélection manuelle rapide des paramètres. L'exploitation locale s'effectue à l'aide de menus déroulants incluant une fonction Aide. L'exploitation et la maintenance du synthétiseur sont facilitées par une architecture modulaire et un système de diagnostic des erreurs intégré (BITE).

Une entrée/sortie de référence de 10 MHz (0 dBm, 50 ohms en entrée et 3 dBm, 50 ohms en sortie) est fournie afin d'assurer la synchronisation des systèmes d'émission à émetteurs multiples.

Le synthétiseur RF numérique accepte des signaux d'entrée numérique ou analogique pour les modulations AM DBL et BLU. Il accepte également des signaux d'entrée I/Q numérique ou analogique pour la modulation numérique.

L'isolation galvanique des signaux d'entrée, de sortie et d'interface de contrôle protège les circuits internes du synthétiseur et lui procure une haute immunité contre le bruit.

b.3 Récepteur numérique de référence

Le récepteur numérique de référence (rack 19 pouces) permet la démodulation et le décodage du signal conformément au type de signal reçu. Si un mode numérique est sélectionné, le récepteur numérique de référence est télécommandé en ligne à partir de symboles de reconfiguration automatique du récepteur

transmis directement dans la trame (kernel). L'utilisateur peut choisir une vue détaillée en temps réel du signal reçu, aux différentes étapes du traitement numérique.

L'utilisateur peut enregistrer le signal reçu ou rejouer un signal pré-enregistré à la place du signal reçu à certaines étapes du traitement numérique. De plus, le récepteur numérique de référence offre la possibilité d'analyses en temps réel soit directement sur le signal reçu soit un fichier contenant un signal I/Q pré-enregistré.

Le récepteur numérique de référence est composé des fonctions principales suivantes:

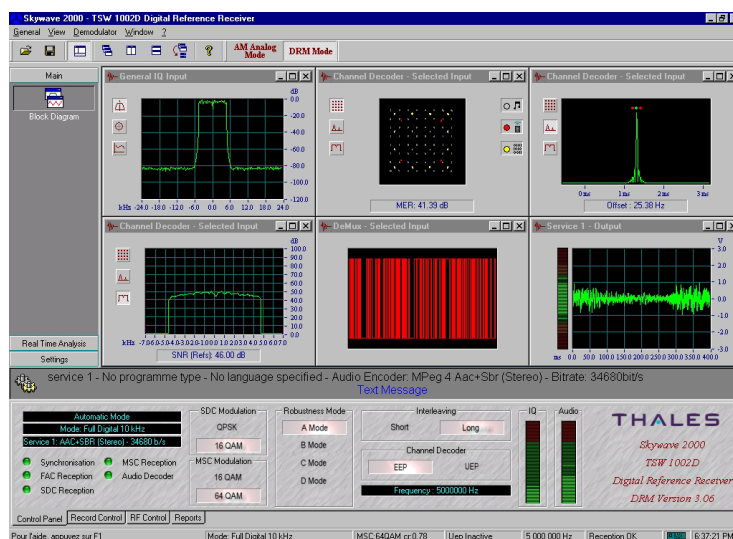
- La démodulation RF du signal reçu est réalisée au moyen d'une conversion directe en numérique (DDC) effectuée par la tête RF numérique, qui couvre l'ensemble des bandes de fréquences AM (OL 153-279 kHz, OM 520 à 1 705 kHz, OC 3 200 à 26 100 kHz).

Le signal démodulé à la sortie de la tête RF numérique est délivré, en bande de base, au format complexe I/Q, à une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz vers le démodulateur numérique et les décodeurs numériques canal et audio par une interface numérique en bande de base.

- L'interface numérique en bande de base est implémentée sur une carte son professionnelle et offre soit une entrée/sortie analogique soit une entrée/sortie AES/EBU (Audio Engineering Society CEI958/European Broadcasting Union technical recommendation ITU R68) numérique standardisée. Le signal I/Q en bande de base reçu du démodulateur RF est alors traité par l'interface numérique en bande de base et délivré au démodulateur numérique par le bus PCI de l'ordinateur hôte.
- La démodulation numérique, le décodage canal et le décodage audio sont exécutés à partir du signal I/Q complexe en bande de base au moyen d'un logiciel de traitement de signal en temps réel implémenté sur le microprocesseur.

Les paramètres principaux de la transmission comme le spectre reçu, la réponse impulsionnelle du canal, la réponse fréquentielle du canal, la constellation après démodulation, etc., sont affichés en temps réel et peuvent être enregistrés sur le disque dur de l'ordinateur hôte pour une analyse future.

Figure 20 – Affichage en temps réel des paramètres de transmission



Le protocole normalisé DRM TC/SE 127 de contrôle de l'état du récepteur est implémenté sur le récepteur numérique de référence. Il fonctionne par liaison réseau (protocole IP) et permet, à partir d'un autre ordinateur, de commander le récepteur numérique de référence et de récupérer toutes les informations fournies par celui-ci.

3.2.2 Radiodiffusion vidéonumérique

3.2.2.1 Méthodes de mise en œuvre de la télévision numérique de Terre (TNT)

La technologie de numérisation, obtenue par codage informatique des images et des sons, va se développer dans la radiodiffusion télévisuelle hertzienne. La télévision numérique de Terre (TNT) devrait à terme remplacer les actuels réseaux analogiques de Terre et dégager ainsi de nouvelles ressources spectrales.

L'utilisation de la technologie numérique va faire évoluer profondément la télévision hertzienne. Elle permettra de proposer au plus grand nombre de téléspectateurs une offre de programmes et de services élargie, assortie d'une qualité d'image et de son améliorée. Elle permettra d'améliorer la qualité de l'image et, dans une certaine mesure, de développer de nouveaux services interactifs (téléachat, jeux, guide de programmes). Pour la recevoir, un décodeur est nécessaire: il peut s'agir d'un décodeur à brancher sur les téléviseurs actuels recevant en mode analogique ou de décodeurs intégrés à de nouveaux téléviseurs numériques.

La TNT peut être composée d'une offre duale: des chaînes gratuites et des chaînes payantes dans des proportions sans doute proches. Cette nouvelle télévision ne constituera pas une révolution complète dans une industrie de la télévision qui comporte déjà une offre en clair et gratuite et des offres payantes. Mais une évolution profonde va résider dans l'accès aux chaînes, gratuites ou payantes, par l'intermédiaire indispensable d'un décodeur. Il est important de souligner que l'attractivité de la TNT passe par une adhésion du téléspectateur à l'offre de chaînes numériques en clair et que l'accès au clair ne doit pas être lié à l'accès au payant.

Le développement de la TNT est un projet ambitieux qui s'inscrit dans un paysage audiovisuel qui connaît des bouleversements importants depuis une quinzaine d'années. Notamment, l'objectif des pouvoirs publics se doit d'être de «permettre à un public beaucoup plus large que celui des internautes et des abonnés à la télévision payante de se familiariser avec de nouveaux moyens de communication». Un développement et une diversification de l'offre télévisuelle sont attendus au bénéfice du plus grand nombre. C'est aussi l'occasion de redonner au secteur public la possibilité d'explicitier ses valeurs, d'ouvrir la voie à de nouveaux opérateurs de contenus et de dynamiser l'industrie des programmes.

D'une façon générale, il ressort de l'avis des acteurs et futurs usagers que le lancement de la TNT suscite des controverses car l'émergence de ce nouveau mode de diffusion de télévision pose un certain nombre de problèmes de nature technique et économique. Certains considèrent qu'il est prématuré et doutent de sa viabilité. D'autres en revanche estiment que le lancement de la TNT peut être un succès si plusieurs conditions sont respectées. Le présent document a pour objet de décrire les conditions dans lesquelles les attentes du téléspectateur et l'équilibre économique peuvent être satisfaits.

Les principaux aspects de la préparation technique du lancement de la TNT sont indiqués ci-après.

- **Radiodiffusion**

Le lancement de la TNT nécessite des travaux sur les sites d'émission choisis pour la diffuser. Le déploiement progressif de la TNT sur l'ensemble du territoire national passe par une adaptation et un aménagement des sites des émetteurs hertziens existants et diffusant actuellement la télévision analogique de Terre ou par la construction de nouveaux sites. Les sites existants comprennent plusieurs éléments: un terrain, un local où est reçu le signal TV et installé l'émetteur, un pylône et des systèmes aériens (feeder et antenne). Le tout est alimenté en énergie, exploité et maintenu par des interventions régulières.

La diffusion d'un signal TV depuis un site consiste à prendre en charge ce signal issu du transport depuis la tête de réseau, à le moduler/l'amplifier à partir d'un émetteur, puis à émettre via une antenne située sur un pylône ou une tour hertzienne. Lorsque l'antenne d'émission est partagée entre plusieurs services (analogiques et/ou numériques), les différentes composantes à diffuser sont assemblées via un multiplexeur radiofréquences, puis transmises vers l'antenne au moyen d'un feeder.

Pour qu'un site puisse diffuser de la TNT, plusieurs types de travaux doivent être effectués, les deux premiers étant les plus importants:

- L'installation de multiplexeurs radiofréquences.
- Le renouvellement ou l'adaptation des antennes placées sur des pylônes pour supporter plus de puissance ou élargir la bande passante, pour les mettre à la norme numérique en vigueur DVB-T, ASTC, etc. Il est évident que des sites devraient être équipés de nouvelles antennes.
- Le remplacement ou le renforcement des pylônes dans certains cas inadaptés à la charge supplémentaire.
- L'adaptation ou l'extension des sites et des bâtiments existants pour accueillir les nouveaux émetteurs et les têtes de réseau, voire l'aménagement de nouveaux sites.
- Le redimensionnement de l'énergie nécessaire à cette nouvelle technologie (distribution, secours, etc.).
- **Multiplexage**

L'opérateur de multiplexage est un acteur spécifique de la TNT: regroupement physique de base de la TNT ou tête de réseau, il organisera la «cohabitation» des programmes regroupés sur un canal (5 à 6 chaînes) et assurera la gestion technique optimale du canal tout au long du temps de diffusion en fonction de la nature du programme diffusé. En effet, plus il y a de mouvements dans une image, plus cette image a besoin d'espace dans la bande passante.

Le multiplexeur devra donc effectuer en temps réel les réglages et les ajustements techniques nécessaires pour garantir au téléspectateur une qualité d'image excellente en continu. Il aura le choix entre un multiplexage statique (gestion statique de la bande passante) et un multiplexage statistique (gestion dynamique de la bande passante en fonction des besoins des programmes). La gestion optimale de la bande dans le multiplex est particulièrement cruciale pour la TNT, les services interactifs étant grands consommateurs de bande passante.

Le multiplexeur est situé entre la source de l'émission de télévision et l'émetteur principal qui va diffuser vers les antennes des téléspectateurs via éventuellement des sites secondaires. Physiquement, les multiplexeurs seront a priori installés dans une tête de réseau, ce qui suppose donc l'aménagement d'espaces spécifiques à l'intérieur ou à proximité de ce site. Le schéma technique probable est qu'il y aura une tête de réseau au niveau national, qui sera ensuite relayée par une tête de réseau régional pour intégration des programmes de télévision locaux.

L'opération de multiplexage garante de la qualité du signal, qui consiste à prendre en charge le codage, le multiplexage du flux, le transport et la diffusion, est un maillon important dans la chaîne de diffusion et n'est pas sans lien avec le choix du type de chaînes, plus ou moins consommatrices de bande passante, qui composeront le multiplex. Cet opérateur va devoir passer des contrats avec les éditeurs pour toutes les fonctions techniques de multiplexage, de transport et de radiodiffusion. Il est garant du bon fonctionnement de l'ensemble des opérations de radiodiffusion. Il devra également veiller, en liaison avec le ou les distributeurs commerciaux de la TNT, au développement homogène de la couverture du multiplex qu'il représente.

Certains opérateurs ont exprimé la volonté de se charger du multiplexage et sont techniquement prêts à le faire. Au point de vue juridique, la loi généralement impose qu'il s'agisse d'une société distincte des éditeurs. L'opérateur de multiplexage, notamment statistique, impose de respecter le principe de l'égalité de traitement entre tous les éditeurs d'un même multiplex dans le respect de l'attribution réglementaire des largeurs de bande. L'usage du débit, la répartition des coûts techniques, qui doivent s'effectuer au prorata de la consommation de bande passante et les modalités de répartition des charges en cas de défaillance d'un éditeur du multiplex sont des questions devant être réglées dans les contrats conclus avec les éditeurs et suivant la législation nationale. On peut aussi se demander s'il n'est pas souhaitable que l'opérateur de multiplex soit indépendant du ou des distributeurs de TNT.

- **Harmonisation et normalisation des décodeurs et logiciels de contrôle d'accès et d'interactivité**

La préparation de la mise sur le marché de décodeurs passe également par leur harmonisation, qui se fait à différents niveaux:

- L'harmonisation pour la réception des programmes en clair: elle est d'ores et déjà acquise; il s'agit pour la télévision hertzienne des normes de l'UIT-R. Les câblo-opérateurs ont attiré l'attention des pouvoirs publics sur le fait que leurs terminaux n'étaient pas normalisés sur la base de ces normes et qu'une réglementation qui viendrait imposer ces normes les contraindrait à renouveler l'ensemble de leur parc de décodeurs.
- L'harmonisation pour le contrôle d'accès de l'interactivité: le **principe de l'interopérabilité** est posé et les conditions techniques devront être définies par le régulateur.

3.2.2.2 Exemple: mise en œuvre d'un réseau DVB-T

Face à la technologie de la télévision numérique, les radiodiffuseurs doivent se tourner vers l'avenir et se préparer à effectuer le passage de la télévision analogique à la télévision numérique de la manière la plus souple possible, surtout dans certains pays européens dont les pouvoirs publics ont décidé d'arrêter la télévision analogique à une date donnée.

Il faut donc que les radiodiffuseurs évaluent le marché (nombre de téléspectateurs potentiels), la possibilité de mise en service de la télévision numérique et bien entendu l'intégration technique de celle-ci dans le réseau analogique existant. Le radiodiffuseur doit d'abord avoir les outils techniques permettant de tester la mise en œuvre de la télévision numérique afin d'en évaluer les performances techniques et la qualité des services telles qu'elles seront perçues par les téléspectateurs.

A cet effet, il doit disposer d'un équipement minimal permettant le passage de la télévision analogique à la télévision numérique généralement appelé «kit de télévision numérique»: celui-ci permet non seulement d'émettre sur les ondes des images et du son mais aussi de régler la station de radiodiffusion pour obtenir les meilleurs résultats possibles. Ce **KIT DE TÉLÉVISION NUMÉRIQUE** est le système à utiliser pour valider les technologies numériques de bout en bout et, notamment, pour:

- évaluer les performances du codage MPEG-2;
- évaluer l'économie de largeur de bande par rapport à la qualité;
- mesurer la capacité de couvrir une zone au moyen d'un seul émetteur;
- faire la preuve de l'efficacité de la modulation DVB-T pour les téléspectateurs fixes et mobiles.

Les radiodiffuseurs peuvent aussi utiliser le **KIT DE TÉLÉVISION NUMÉRIQUE** pour vérifier la qualité de fonctionnement des divers types de décodeur numérique proposés sur le marché.

Dans une deuxième étape, des **ENSEMBLES DE TÉLÉVISION NUMÉRIQUE AMÉLIORÉS** permettront aux radiodiffuseurs d'accéder à de nouveaux services à valeur ajoutée:

- le guide électronique des programmes;
- la télévision avec paiement à l'émission (quasi-vidéo à la demande, NVOD);
- la radiodiffusion de données;
- l'internet et la messagerie électronique;
- les jeux, les prévisions météorologiques, le téléachat, les opérations bancaires, etc.,

et de déterminer le produit qui convient pour combiner des canaux adjacents et des canaux mixtes analogiques/numériques.

a) Description du kit de télévision numérique

Pour vérifier l'ensemble de la chaîne de télévision numérique depuis la tête de ligne (qui produit le signal numérique) jusqu'à l'utilisateur final (téléspectateur) en passant, le cas échéant, par le réseau de transport, il faut que le kit de télévision numérique soit constitué:

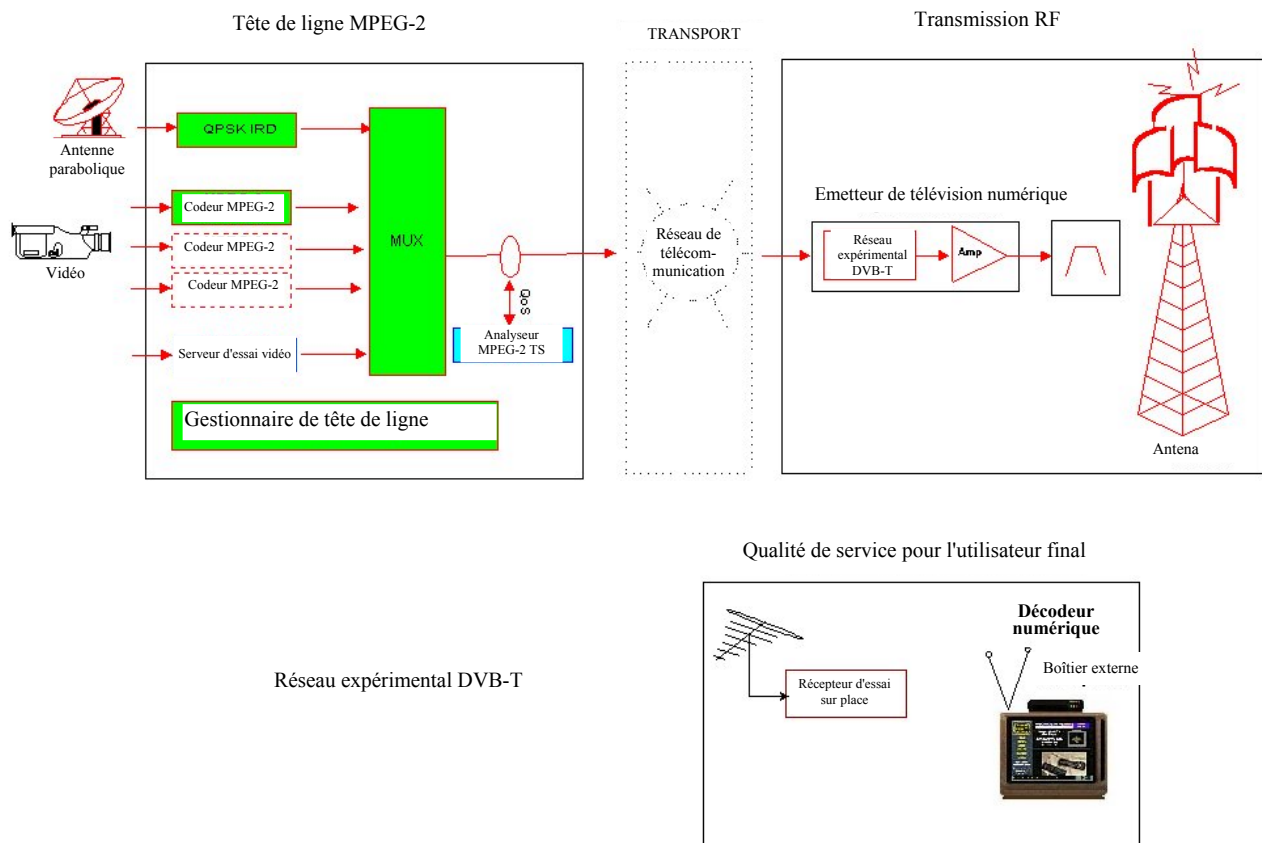
- d'une tête de ligne chargée du codage MPEG-2, du multiplexage et de la surveillance;
- de la transmission RF assurant la radiodiffusion;
- d'un ensemble d'équipements pour évaluer la qualité de la transmission RF et des programmes vidéo numériques sur le lieu de l'utilisateur final.

Le réseau numérique de Terre cité à titre d'exemple ci-après peut diffuser un bouquet de trois programmes audio/vidéo:

- un programme fourni par le radiodiffuseur, codé sur place;
- un programme national repris d'un répéteur de satellite;
- un programme vidéo fourni par un serveur d'essai local.

Le multiplex numérique est diffusé au moyen d'un émetteur numérique; le signal qui alimente l'émetteur peut être acheminé par un réseau de télécommunication.

Figure 21 – Réseau DVB-T expérimental



La tête de ligne assurant le codage MPEG-2 peut être commandée en deux parties:

- une *plate-forme d'essai*, qui comprend un lecteur de flux de transport MPEG-02, un émetteur, un analyseur de transport MPEG-2 et un décodeur;

- une *plate-forme de codage et de multiplexage*, qui permet au radiodiffuseur de franchir une étape de plus vers la station entièrement numérique.

L'ensemble formé de ces deux plates-formes constitue une station de Terre de départ optimale.

Plate-forme d'essai

La conception de la *plate-forme d'essai* permet au radiodiffuseur de faire une série complète de tests au moyen d'un équipement minimal, peu onéreux; elle est constituée des éléments ci-après.

Serveur d'essai vidéo numérique

Cet équipement est un lecteur/enregistreur MPEG-2/DVB capable de générer un signal de télévision numérique en bande de base pouvant être utilisé pour tester l'émetteur de télévision numérique.

L'utilisateur peut sélectionner un programme préalablement enregistré ou faire une acquisition en temps réel à partir d'un flux MPEG-2-SPTS ou MPTS en direct. Il peut ensuite reproduire l'enregistrement, ce qui lui permet de diffuser un signal d'essai pour les besoins de validation de la chaîne de diffusion ou qu'il peut utiliser comme signal de substitution de la source primaire défaillante.

L'équipement repose sur une architecture de serveur client. Le serveur équipant la plate-forme gère les transferts de données vers et depuis les disques durs situés sur la plate-forme.

Les logiciels des clients peuvent être utilisés sur la plate-forme ou en n'importe quel point du réseau local. Chaque logiciel client gère une paire entrée/sortie à la fois.

Analyseur de flux de transport

Cet équipement est un outil particulier de surveillance des flux de transport MPEG-2. Sa capacité d'afficher le contenu des flux et de détecter des erreurs en font un instrument idéal pendant la mise en place et l'essai du système.

Surveillance de la qualité

Cette surveillance s'effectue au niveau d'une sortie ASI d'analyseur de flux de transport au moyen d'un logiciel implanté dans le moniteur de télévision.

Plate-forme de codage/multiplexage

Le radiodiffuseur souhaite éventuellement disposer d'une plate-forme minimale pour diffuser l'équivalent numérique de ses services analogiques. La tête de ligne peut recevoir un signal de télévision de plusieurs sources qu'elle soit analogique, numérique ou RF. Thales propose des équipements adaptés aux trois cas.

Dès que le signal est reçu, il est traité conformément à la norme DVB (codage MPEG-2, désambrouillage de programme, etc.) et multiplexé avec une sortie unique appelée «flux de transport multiprogramme» (MPTS) pour former un bouquet de programmes. La sortie du multiplexeur, au débit DVB-T, est ensuite radiodiffusée au moyen d'un émetteur numérique.

La plate-forme de codage et de multiplexage est constituée des blocs fonctionnels suivants:

Décodage DVB-S

Le décodeur du récepteur MDPQ a pour but de fournir un flux de transport conforme DVB au multiplexeur MPEG-2.

Le récepteur démodule le signal RF en bande L provenant de l'antenne parabolique et fournit un signal de télévision désambrouillé au multiplexeur MPEG-2.

Codage DVB

Les codeurs MPEG-2 sont alimentés par un signal vidéo/audio analogique ou numérique. Ils créent un flux de transport de programme unique (SPTS) qui alimente le multiplexeur MPEG-2.

Multiplexage DVB

Le multiplexeur fournit un bouquet personnalisé de programmes de télévision provenant de plusieurs sources (codeurs MPEG-2 locaux, serveur vidéo, décodeur satellite, etc.).

Tous les services peuvent être brouillés au moyen d'un système d'accès conditionnel spécifique, mais il est déconseillé d'utiliser cette fonction dans le contexte d'une station de radiodiffusion fonctionnant à titre d'essai. En fait, plusieurs analyses importantes ne peuvent pas être effectuées si les services sont cryptés; à titre d'exemple, il est dans ce cas impossible de contrôler la cohérence des horodateurs PTS/DTS. Pour cette raison, le **bouquet de sortie ne sera pas crypté**. Dans une deuxième étape, si le radiodiffuseur prévoit d'utiliser un ensemble de télévision numérique amélioré, le cryptage pourra avoir lieu.

Gestionnaire d'élément tête de ligne

Le gestionnaire du système (SM) est un système complet de gestion d'équipement de radiodiffusion DVB MPEG-2 sur un site de liaison montante de satellite ainsi que sur les extrémités de départ du câble et de Terre. Le gestionnaire de système intègre des équipements MPEG-2 tels que des commutateurs, des codeurs, des multiplexeurs, des modulateurs, des générateurs ECM et EMM, des décodeurs de surveillance et des introducteurs d'informations PSI/SI proposés par différents fournisseurs de matériel pour former un système de radiodiffusion de télévision numérique gérable. Le serveur du gestionnaire de système et l'application client sont conçus pour tourner sur un serveur NT ou une station de travail NT.

L'application serveur de SM se trouve sur le site; elle exécute des commandes et des demandes envoyées par un ou plusieurs clients. Un client SM se connecte au serveur SM localement ou par un LAN, par un WAN ou par le service d'accès à distance NT. En plus de la réponse aux demandes du client, **le serveur configure tous les moniteurs et tous les équipements physiques du système**.

L'application client SM met en œuvre une **interface graphique d'utilisateur** (GUI) pour le système. Le cadre GUI affiche plusieurs vues du système à partir desquelles l'opérateur peut surveiller et commander le système.

L'application client peut aussi être utilisée comme une application «autonome» pour définir de nouveaux systèmes ou la reconfiguration d'un système existant. L'opérateur peut se connecter au serveur à une date ultérieure et télécharger ces configurations vers le serveur.

b) Transport de la tête de ligne à l'émetteur

On utilise un adaptateur réseau pour acheminer le flux de transport MPEG-2 jusqu'à un émetteur numérique en passant par un réseau de télécommunication physique.

Plusieurs interfaces de sortie sont disponibles: optique, électrique, SDH, PDH et ATM.

c) Transmission RF

Cette étape met en œuvre un émetteur de télévision numérique dont la puissance dépend de la taille et de la zone de couverture prévue. Cet émetteur, connecté à une antenne de réseau existante, utilise généralement une faible puissance (200 Wrms) ou une puissance intermédiaire (1,25 kWrms), modulateur CMROF compris.

S'il faut plusieurs canaux RF, il est possible d'installer un combinateur analogique/numérique; les combineurs sont utilisés pour multiplexer deux ou plusieurs canaux RF en vue d'alimenter un système d'antenne commun.

d) Équipement de l'utilisateur final

Le récepteur individuel de DVB-T CMROF (récepteur-décodeur) est constitué d'un modulateur CMROF à 8 MHz frontal dans un châssis compact. Le récepteur est également équipé d'une interface de sortie ASI.

Équipement de mesure sur le terrain

Les évaluations techniques sont principalement axées sur la qualité du service réalisable en réception fixe et en réception mobile. La réalisation rapide de ces nouveaux services nécessite des équipements de mesure qui non seulement permettent la mise en service classique mais également l'analyse des flux de transport entrants et la réception mobile.

Cet équipement devrait avoir la capacité de mesurer différentes couches présentes dans le réseau DVB-T:

- gamme de fréquences étendue: 5 à 1 000 MHz et entrée RF sélective;
- mesure du niveau d'entrée;
- analyse de la modulation: MER, EVM et affichage constellation;
- mesure automatique des paramètres DVB-T: TEB, modulation (MDPQ, MAQ 16), modes 2 K et 8 K, correction FEC, etc.;
- analyse de la réponse en impulsion;
- sorties MPEG-2, SPI et ASI.

Boîtier externe

Après l'évaluation technique par des mesures objectives, il est aussi très important d'obtenir une évaluation subjective de la qualité par un groupe de téléspectateurs. La vision humaine est l'outil le plus puissant pour juger des dégradations de l'image numérique comprimée.

Pour présenter des images numériques comprimées décodées à un groupe de plusieurs téléspectateurs répartis dans une zone de réception, on utilise l'ensemble de décodeurs numériques avec les équipements suivants:

- conformité MPEG2/DVB-T complète avec entrée UHF;
- prise en charge des modes 2 K et 8 K;
- émission gratuite;
- support de DVB-MHP;
- conformité EPG totale;
- norme vidéo PAL/SECAM/NTSC.

3.3 Aspects économiques

3.3.1 Radiodiffusion télévisuelle de Terre

S'agissant de l'accès aux chaînes cryptées, pour des raisons commerciales et titre de mesure de protection contre le piratage, les opérateurs n'utilisent pas le même système d'accès. Pour assurer l'interopérabilité, il conviendra cependant qu'un même décodeur puisse recevoir plusieurs systèmes d'accès. Deux solutions existent pour assurer cette interopérabilité: le Simulcrypt (l'interopérabilité est gérée par les opérateurs en tête de réseaux) et le Multicrypt (l'interopérabilité est gérée dans les terminaux). Il existe également une solution intermédiaire qui consiste à mettre sur le décodeur une interface normalisée sur laquelle viennent se brancher le module et la carte de contrôle d'accès.

L'interactivité est un problème plus complexe et il n'existe pas encore de norme établie en dehors d'une norme basée internet, les autres systèmes étant des systèmes propriétaires.

Equilibre économique des opérateurs

L'équilibre économique de tous les opérateurs ne sera atteint que par un système de distribution efficace de protection contre les atteintes à la concurrence.

Plusieurs objectifs principaux sous-tendent les chapitres qui suivent: permettre un accès aisé du téléspectateur à la TNT à un prix raisonnable, assurer la viabilité des éditeurs par une rémunération satisfaisante et des coûts maîtrisés, intégrer une perspective de retour sur investissements pour les distributeurs et maintenir celle des opérateurs actuels du câble et du satellite. Dans leur ensemble, ces chapitres sont aussi inspirés par l'idée de ne pas dégrader les conditions de concurrence sur les marchés de la télévision, et notamment celui de la télévision payante et, si possible, de les améliorer.

Attractivité de la TNT pour les téléspectateurs

Il s'agit d'assurer un accès facile, peu coûteux ainsi qu'une offre commerciale modulable.

Les décodeurs

La réussite du lancement de la TNT passe par la possibilité pour le téléspectateur de se procurer facilement des décodeurs pour la recevoir. Il est important aussi que le consommateur puisse acheter ou louer un décodeur sans que cet acte soit lié à un abonnement à l'offre payante de la TNT. En d'autres termes, il est indispensable de penser et gérer la TNT d'abord à partir de l'accès aux chaînes gratuites, qui devront faire de leur côté un effort promotionnel. Un seuil maximal psychologique pour le prix d'achat d'un décodeur de base doit être déterminé, un prix excessif risquant de décourager les téléspectateurs.

Pour qu'ils soient d'accès facile, les décodeurs doivent être vendus dans la grande distribution, généraliste ou spécialisée. Réserver leur location ou leur commercialisation aux seuls distributeurs des chaînes payantes de la TNT serait une erreur. Seule la grande distribution est en effet à même de permettre une exposition suffisamment large et visible de ces produits susceptible de provoquer chez le téléspectateur, sinon des achats d'impulsion, du moins une réflexion sur l'achat de ce type de produits, surtout si une campagne d'information au grand public sur la TNT est organisée. Réduire les points de vente ou de location des décodeurs constituerait un frein pour le développement de la TNT gratuite et au-delà de l'offre payante. En outre, réserver aux distributeurs de la TNT payante la commercialisation des décodeurs aurait l'inconvénient de créer ou de renforcer une situation de dépendance des fabricants de décodeurs à l'égard de ce ou de ces distributeurs et pourrait donc à terme avoir des effets de réduction de l'offre, voire d'éviction du marché de certains opérateurs.

Par ailleurs, ce type d'appareil n'a pas à être installé par un technicien spécialisé: comme tout appareil audio ou de télévision ou périphérique d'ordinateur (magnétoscope, lecteur DVD, imprimante, etc.), il doit pouvoir être branché par le consommateur lui-même sur la télévision.

Les décodeurs mis à disposition du public devront comporter sur leur emballage une information claire sur leurs caractéristiques essentielles et aussi être accompagnés d'une notice explicative sur leurs fonctionnalités; il est souhaitable qu'un service après-vente soit prévu, soit par le constructeur soit par le vendeur, soit par les 2, pour qu'en cas de problème, le consommateur puisse rendre l'appareil et se faire rembourser (par exemple s'il a acheté un décodeur pour l'installer dans un endroit dont il ne savait pas qu'il n'était pas situé dans la zone de couverture de la TNT) ou appeler une hot line pour résoudre les problèmes techniques qu'il pourrait rencontrer. Une information précise des zones de couverture de la TNT devra être assurée dans les points de vente ou de location des appareils. En cas de location des décodeurs, indépendamment même de la souscription d'un abonnement aux chaînes payantes, les contrats de location devront pouvoir être résiliés facilement et sans préavis excessif.

L'offre commerciale

Les distributeurs de chaînes payantes doivent prendre en compte, dans les limites prévues par le régulateur, les attentes des téléspectateurs et se fonder sur les expériences du câble et du satellite pour la commercialisation de l'offre payante. La réglementation devrait contribuer à structurer l'offre commerciale notamment en séparant la commercialisation des chaînes cinéma des autres chaînes.

Sur le regroupement des services, les avis sont en général partagés et la question s'apprécie différemment si l'on se place du point de vue de l'éditeur et du distributeur ou de celui du téléspectateur. Certains opérateurs considèrent que les téléspectateurs devraient avoir la plus grande liberté et la plus grande souplesse possible et pouvoir choisir les chaînes auxquelles ils souhaitent s'abonner, voire ne s'abonner qu'à une chaîne: la modularité de l'offre, avec une grande facilité d'accès aux matériels de réception et une simplicité dans les abonnements, serait ainsi la clef du succès auprès des consommateurs. D'autres estiment en revanche que le dégroupement des services offerts risque de fragiliser les chaînes nouvelles, de moindre notoriété ou à faible audience.

Dans le même ordre d'idée, dans l'hypothèse où plusieurs distributeurs ne commercialiseraient pas le même bouquet de chaînes payantes de la TNT, l'impossibilité pour le téléspectateur d'accéder à l'ensemble de l'offre auprès d'un même distributeur est susceptible de constituer pour lui une source de complexité de nature à le dissuader de s'abandonner. S'il souhaite accéder à l'ensemble de l'offre payante, il devra dans ces conditions multiplier les abonnements: il paiera alors sans doute une somme plus élevée que s'il n'avait qu'un abonnement pour un bouquet, indépendamment peut-être du cas des chaînes premium. Cette hypothèse risque de freiner le développement de la TNT payante, ce qui pourrait avoir des répercussions sur l'ensemble de la TNT.

Conditions d'équilibre financier pour les éditeurs

Le coût de diffusion, le coût des programmes, les ressources publicitaires et la rémunération des chaînes payantes sont les composantes principales de l'équilibre financier de l'éditeur. Elles ont une importance différente pour les chaînes dites historiques et pour les nouveaux entrants. Par ailleurs, l'équilibre économique ne sera pas atteint dans les mêmes conditions pour les chaînes gratuites et pour les chaînes payantes du fait de leur différence de situation au regard notamment de leur financement.

Coûts de diffusion

L'importance de cette question est au centre des préoccupations des opérateurs qui mettent l'accent sur le niveau élevé du coût de diffusion qui serait de l'ordre de 5 à 6 fois plus élevé que celui d'une diffusion par câble ou satellite.

Si les grandes chaînes généralistes sont en mesure d'absorber le coût de la diffusion qui, quoique sensiblement inférieur à celui de la télévision hertzienne analogique, s'ajouterait pour elles à celui-ci, les autres, et notamment les nouvelles chaînes, gratuites ou payantes, et notamment les chaînes thématiques, auront sans doute plus de difficultés. Ce problème est particulièrement crucial pour des chaînes d'importance moyenne en phase de démarrage quand les recettes (publicité ou abonnement) sont difficiles à évaluer. Plusieurs solutions sont proposées par les opérateurs pour rendre plus aisé et moins risqué le démarrage des chaînes et notamment celui des moins puissantes d'entre elles et pour réduire les coûts, telles que le partage d'une fréquence entre deux chaînes et une augmentation progressive de la couverture territoriale. Toutefois, une augmentation trop lente pourrait avoir des conséquences négatives sur l'audience des chaînes concernées et donc sur le niveau des ressources publicitaires. Dès le démarrage, la TNT britannique couvrait entre 50 et 70% de la population suivant les multiplexes. Aujourd'hui, presque tous les multiplexes ont une couverture égale à 90% de la population mais la faible qualité de la transmission des signaux contribue à l'hémorragie de la clientèle de la TNT vers le satellite. En Suède, l'objectif volontariste de Teracom, l'opérateur public de télédiffusion, est de porter la couverture à 98% de la population en 2002.

Recettes publicitaires

Le marché publicitaire est un marché difficilement prévisible et son évolution est intimement liée à la conjoncture économique. S'agissant de la publicité télévisée, on constate une forte concentration des investissements publicitaires sur les chaînes et une inflation des tarifs défavorables aux petits annonceurs.

Dans ce contexte, l'arrivée de la TNT pourrait selon certains analystes entraîner un élargissement de l'offre d'écrans susceptible de permettre à de nouveaux annonceurs d'accéder à ce support publicitaire, notamment grâce à une diminution du ticket d'entrée, principalement aux heures de grande écoute. Elle permettrait aussi aux annonceurs d'avoir des stratégies d'annonces ciblées sur les chaînes thématiques.

Pour les nouvelles chaînes de la TNT, ces nouvelles ressources publicitaires ne se concrétiseront que si leur audience est significative pour les annonceurs. Cela implique que l'initialisation de la TNT soit effective dans le plus grand nombre de foyers possible.

Recettes tirées de la rémunération versée par les distributeurs

Les éditeurs de chaînes payantes perçoivent une rémunération des distributeurs basée principalement sur le nombre d'abonnés. La crainte des éditeurs, dans le cas d'une diffusion parallèle de leurs programmes sur les trois modes de diffusion, concerne la baisse de leur rémunération, déjà observée sur le câble et le satellite et qui résulterait d'un rapport de forces déséquilibré entre les éditeurs et les distributeurs commerciaux. Ils estiment que les nouveaux abonnés sur la TNT ne compenseront pas suffisamment la diminution de ces recettes.

S'agissant des critères de rémunération, on peut noter que l'audience ne doit pas être le seul critère pour asseoir la rémunération mais que des critères qualitatifs, tels que la satisfaction des abonnés, les efforts de promotion et d'investissement, peuvent être pris en compte.

Conditions d'équilibre pour les distributeurs

Les distributeurs souhaitent obtenir un retour de l'investissement initial dans un paysage concurrentiel. Il s'agit donc de cerner le point de vue des différents opérateurs sur l'offre payante de la TNT et d'apprécier les contraintes économiques pesant sur le ou les distributeurs.

Les contraintes pesant sur le distributeur

Les distributeurs commerciaux susceptibles d'intervenir sur la TNT devront faire face à plusieurs types de coûts. Il s'agit :

- Des coûts d'investissement dans un parc de décodeurs interopérables pour mise à disposition par la vente ou la location auprès du public. Le coût dépend de la sophistication de l'appareil.
- Des coûts de logistique: coûts de gestion du parc d'abonnés et des terminaux, coûts des cartes à insérer dans les terminaux, etc.
- Des coûts commerciaux, notamment de promotion du ou des bouquets de chaînes payantes, notamment au démarrage de la TNT.
- Les rémunérations des éditeurs de chaînes.

Les recettes du ou des distributeurs commerciaux de la TNT dépendront de l'attractivité des chaînes à commercialiser. Leur montant global dépend aussi d'un taux suffisant de couverture de la population, d'un positionnement tarifaire du ou des bouquets payants compétitif par rapport au câble et au satellite et d'une politique de promotion susceptible de favoriser un démarrage rapide de la TNT.

Il reviendra au régulateur d'adapter l'offre commerciale à la composition des multiplexes afin d'assurer une parfaite homogénéité de l'offre sur l'ensemble des zones couvertes de la TNT.

Le schéma de distribution doit être compatible avec le droit de la concurrence en assurant la viabilité des distributeurs.

Le schéma de distribution idéal de la TNT est celui dans lequel une pluralité de distributeurs, non liés aux éditeurs ou producteurs de programmes, se livre concurrence au bénéfice des consommateurs-télespectateurs et opère un partage équitable des revenus entre les différents acteurs de la chaîne de valeur afin de garantir leur viabilité économique. Un développement économique de la TNT équilibré pour tous les opérateurs de la filière ne peut être assuré que si les modalités de la distribution respectent pleinement le droit de la concurrence. C'est pourquoi il convient d'éviter tout schéma de distribution qui entraînerait une captation des paiements au profit d'un seul distributeur déjà actif, voire dominant, dans le secteur de la télévision payante.

Plusieurs scénarios sont envisageables:

a) Un distributeur unique

Le modèle d'un distributeur unique pose cependant des problèmes en termes économiques et au regard des règles de la concurrence.

Economiquement, il n'est pas certain que la solution du distributeur unique soit la meilleure pour assurer le succès de la TNT, notamment si ce distributeur est déjà présent sur le marché de la télévision payante. En effet, en modulant le dynamisme mis à commercialiser le bouquet TNT, c'est-à-dire en limitant les efforts promotionnels qui lui seraient consacrés ou en les concentrant sur ses propres chaînes, un distributeur unique peut freiner le développement de la TNT. Il pourrait aussi être tenté de conserver sa position dominante sur le marché de la télévision payante, sur un ou plusieurs segments (distribution par câble, satellite, décodeurs, etc.) s'il occupe déjà une position forte.

Juridiquement, le modèle du distributeur unique n'est pas le meilleur pour le marché s'il renforce une position dominante, avec tous les risques d'abus que cela peut comporter. Si le marché de la distribution de la TNT devait à l'avenir être considéré comme un marché pertinent spécifique, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui puisque le marché pertinent est celui de la télévision payante dans son ensemble, le distributeur unique serait encore plus en position de monopole.

b) Un distributeur commun

Certains opérateurs évoquent la possibilité de mettre en place une structure commune aux éditeurs présents sur la TNT afin de commercialiser le bouquet de chaînes payantes selon deux modalités: soit l'entrée dans l'actionariat de l'opérateur le plus à même de distribuer la TNT afin d'en contrôler l'activité dans le domaine de la distribution de la TNT, soit la création d'une structure ad hoc, une entreprise commune, contrôlée par les chaînes, ou un groupe d'intérêt économique (GIE).

Le degré d'autonomie d'une entreprise commune conditionne son analyse sous l'angle du droit des concentrations, nationales ou communautaires ou bien sous celui du droit des ententes.

Dans l'hypothèse d'une entreprise commune fusionnée, il serait nécessaire de recueillir au préalable l'aval des autorités de la concurrence.

Dans l'hypothèse où cette entreprise serait de nature coopérative, la mise en place d'un distributeur commun, auquel participeraient les principaux acteurs opérant sur le marché de la télévision payante, nécessiterait une autorisation du régulateur.

Pour ce qui est du GIE, les autorités de la concurrence examinent généralement avec circonspection cette forme de coopération notamment au regard de son objet et d'éventuelles pratiques anticoncurrentielles qui pourraient en résulter.

Comme dans le scénario d'un distributeur unique, la question se pose également de savoir s'il faut prévoir des garanties que le distributeur devrait apporter aux autres opérateurs, dans l'hypothèse où les membres de l'entreprise commune ou du GIE seraient liés à un éditeur de chaîne.

Il appartiendrait alors aux autorités de concurrence de définir ces garanties, qui comprendraient sans doute tout ou partie des règles finalement incorporées dans un code de bonne conduite.

c) Une pluralité de distributeurs

Bien que le nombre de chaînes payantes soit limité, certains opérateurs considèrent que plusieurs distributeurs commerciaux de la TNT proposant l'ensemble de l'offre payante de la TNT pourraient coexister et proposer aux clients des forfaits différenciés en fonction de leurs centres d'intérêts ou des offres couplées avec les chaînes câblées et par satellite. (C'est ce qui se passe en Finlande où cohabitent huit distributeurs commerciaux de la TNT, un distributeur HTV spécifique et des câblo-opérateurs.)

d) Conclusions

Il résulte de l'analyse effectuée que la réussite de la TNT dans un délai raisonnable suppose que les conditions suivantes, qui ne sont pas forcément exhaustives, soient réunies:

- Une offre équilibrée de programmes, gratuits et payants, attractifs et variés, par rapport à l'offre de la télévision analogique gratuite d'un côté et à l'offre du câble et du satellite de l'autre, afin de compenser le petit nombre de chaînes offertes dans ce cadre par rapport à l'offre concurrente du câble et du satellite.
- Un accès facile et à prix raisonnable pour le téléspectateur en termes de matériel (décodeurs, téléviseurs avec décodeurs intégrés, adaptation des antennes) pour l'accès tant des chaînes gratuites que des chaînes payantes (pour lesquelles il faudra rajouter aux frais de décodeurs et d'antennes le prix d'un abonnement).
- Une couverture du territoire progressive, pour permettre aux nouvelles chaînes gratuites et aux chaînes payantes d'atteindre dans un délai raisonnable un équilibre économique, mais suffisante pour apporter des recettes (en termes de publicité et en nombre d'abonnés) à l'ensemble des opérateurs de la filière et homogène au sein des zones couvertes.
- Une politique de normalisation (et de fabrication) des matériels dans des délais compatibles avec le lancement et la montée en puissance de la TNT ainsi que de sécurisation des matériels pour limiter le piratage.
- Une distribution dynamique et une politique de promotion des chaînes payantes de nature à susciter l'envie du téléspectateur suffisamment différenciée de celle des autres réseaux de diffusion, câble et satellite pour ne pas pénaliser ces derniers et pour bien montrer qu'il s'agit d'une offre complémentaire et d'une évolution technologique de la télévision.

S'agissant de la distribution, la mise en œuvre d'un code de bonne conduite paraît, dans tous les cas, s'imposer. Dans l'hypothèse d'un distributeur unique ou d'un distributeur au moins occupant une situation de position dominante, ce code devrait, au-delà d'une séparation juridique, financière, comptable et commerciale complète entre les fonctions d'éditeur et de distributeur, comprendre les garanties suivantes:

- Le distributeur devrait d'une manière générale veiller à rémunérer les chaînes sur la base de critères transparents, équitables, objectifs et non discriminatoires. Ces critères ne devraient pas reposer uniquement sur l'audience afin de ne pas pénaliser les nouveaux entrants éventuels.
- Si le distributeur est lié à un éditeur de chaîne du fait de l'appartenance à un même groupe, il devrait de surcroît mettre en œuvre une politique commerciale (composition et présentation de l'offre, prix, ventes d'espaces publicitaires) et promotionnelle totalement neutre par rapport aux chaînes qui lui seraient liées même indirectement.
- En outre, pendant l'exécution du contrat, le distributeur devrait:
 - 1) Prévoir un ordre d'affichage ou de présentation des chaînes au consommateur qui ne mette pas en avant les chaînes qui lui seraient liées directement ou indirectement ou qu'il distribuerait par ailleurs, et qui puisse être modifié facilement par le téléspectateur selon ses centres d'intérêt. Assurer la neutralité du guide des programmes.
 - 2) Promouvoir les chaînes de la TNT de façon équitable et non discriminatoire.
 - 3) Assurer l'égalité de traitement dans la commercialisation des offres payantes.
 - 4) Ne pas imposer aux éditeurs l'alignement de leur rémunération sur celles qu'ils obtiennent du câble et du satellite (clause de la nation la plus favorisée).
 - 5) Ne pas coupler la vente de l'offre payante de la TNT avec un bouquet payant d'un autre mode de diffusion qu'il distribuerait également, à un prix inférieur à la somme des deux abonnements, et s'interdire toute utilisation du fichier des abonnés de la TNT pour ces autres modes de diffusion.
 - 6) Ne pas insérer dans les contrats passés avec les éditeurs des clauses d'exclusivité qui empêcheraient ces derniers d'être également distribués par d'autres modes de diffusion ou par d'autres distributeurs à venir de la TNT au-delà du délai initial de cinq ans par exemple.

- 7) Permettre aux éditeurs d'obtenir, contre remboursement des frais engagés, l'envoi de correspondances publicitaires ou promotionnelles aux abonnés, sans droit pour ceux-ci d'accéder aux fichiers ou de les reconstituer.
- 8) Ne pas rompre les contrats de distribution avant l'échéance de l'autorisation d'émettre.
- 9) Mettre à la disposition du téléspectateur des décodeurs interopérables et lui garantir une initialisation réelle à partir du moment où le téléspectateur se situe dans une zone couverte.
- 10) Fixer des prix de vente qui ne dissuadent pas le consommateur de s'abonner et qui ne favorisent pas ce distributeur au détriment d'autres distributeurs sur d'autres segments de la télévision payante.

L'insertion des règles de ce code dans des accords contractuels entre éditeurs et distributeurs pourrait être étudiée, règles que le régulateur serait ensuite chargé de faire respecter.

Enfin, comme dans la plupart des pays où la TNT a été lancée, il serait souhaitable que les pouvoirs publics annoncent une date à laquelle la radiodiffusion analogique cesserait. Une telle annonce pourrait affirmer le caractère irréversible de la décision de développer la TNT.

La seconde phase de la CRR-06 permettra de répondre à une partie de ces conditions qui concernent les 117 Etats Membres de l'UIT.

3.3.2 Radiodiffusion de Terre

Pour la transition de la radiodiffusion, il est nécessaire d'examiner les conséquences ci-après, au plan des aspects économiques de la numérisation des bandes MA.

3.3.2.1 Conséquences sur le réseau de contribution

En raison du niveau élevé de compression assuré par les codeurs audio MPEG-4, il est possible d'utiliser des débits binaires inférieurs à 63 kbit/s pour transférer le signal audio du studio au(x) site(s) d'émission. Cela permet de réduire le coût de transmission du son sur le réseau de télécommunication (RNIS, lignes spéciales, ADSL, ATM ou même satellite).

3.3.2.2 Conséquences sur le site d'émission et le coût d'exploitation

Il faut soit reclasser l'émetteur MA pour lui permettre de diffuser un signal DRM conforme aux Recommandations UIT-T (gabarit spectral, etc.), et cela est possible si l'émetteur est un émetteur moderne (PSM avec commutateurs IGBT ou PDM), soit installer un nouvel émetteur totalement conforme à la norme DRM et qui puisse quand même diffuser un signal MA analogique.

En ce qui concerne l'émetteur reclassé, l'investissement minimum est l'excitateur DRM.

Le nouvel émetteur comprend un excitateur DRM.

En ondes décamétriques et hectométriques, le système d'antenne peut diffuser un signal DRM. En ondes kilométriques, il faut améliorer les performances du système d'antenne de manière qu'il puisse avoir la capacité nécessaire de largeur de bande radioélectrique.

En ce qui concerne le coût d'exploitation, étant donné que la puissance moyenne DRM est égale à à peu près un quart de la puissance MA analogique pour la même zone de couverture, il est possible d'économiser les trois quarts du coût d'alimentation des émetteurs pour une transmission DRM.

Une nouvelle gamme d'émetteurs DRM a été mise au point par un fabricant d'émetteurs qui autorise des puissances DRM allant jusqu'à trois quarts de la puissance de l'émetteur MA analogique. Cela signifie que le radiodiffuseur qui veut diffuser un signal DRM complet pourrait soit acheter un petit émetteur pour la même zone de couverture, soit acheter un émetteur de même puissance et utiliser la boucle de retour AMQoS qui mesure la qualité de service reçue dans la zone ciblée, calculant la tendance pour le canal de propagation puis télécommandant les différents paramètres de l'excitateur DRM et même modulant la puissance de l'émetteur de manière à garantir de manière permanente la qualité audio la plus élevée possible pour les auditeurs.

3.3.2.3 Radiodiffusion de Terre

Pour la transition de la radiodiffusion, il est nécessaire d'examiner les conséquences ci-après, sur le plan des aspects économiques de la numérisation des bandes MA.

3.3.2.4 Conséquences sur le réseau de contribution

En raison du niveau élevé de compression assuré par les codeurs audio MPEG-4, il est possible d'utiliser des débits binaires inférieurs à 63 kbit/s pour transférer le signal audio du studio au(x) site(s) d'émission. Cela permet de réduire le coût de transmission du son sur le réseau de télécommunication (RNIS, lignes spéciales, ADSL, ATM ou même satellite).

3.3.2.5 Conséquences sur le site d'émission et le coût d'exploitation

Il faut soit reclasser l'émetteur MA pour lui permettre de diffuser un signal DRM conforme aux Recommandations UIT-T (gabarit spectral, etc.), et cela est possible si l'émetteur est un émetteur moderne (PSM avec commutateurs IGBT ou PDM), soit installer un nouvel émetteur totalement conforme à la norme DRM et qui puisse quand même diffuser un signal MA analogique.

En ce qui concerne l'émetteur reclassé, l'investissement minimum est l'excitateur DRM.

Le nouvel émetteur comprend un excitateur DRM.

En ondes décamétriques et hectométriques, le système d'antenne peut diffuser un signal DRM. En ondes kilométriques, il faut améliorer les performances du système d'antenne de manière qu'il puisse avoir la capacité nécessaire de largeur de bande radioélectrique.

En ce qui concerne le coût d'exploitation, étant donné que la puissance moyenne DRM est égale à à peu près un quart de la puissance MA analogique pour la même zone de couverture, il est possible d'économiser les trois quarts du coût d'alimentation des émetteurs pour une transmission DRM.

Une nouvelle gamme d'émetteurs DRM a été mise au point par un fabricant d'émetteurs qui autorise des puissances DRM allant jusqu'à trois quarts de la puissance de l'émetteur MA analogique. Cela signifie que le radiodiffuseur qui veut diffuser un signal DRM complet pourrait soit acheter un petit émetteur pour la même zone de couverture, soit acheter un émetteur de même puissance et utiliser la boucle de retour AMQoS qui mesure la qualité de service reçue dans la zone ciblée, calculant la tendance pour le canal de propagation, puis télécommandant les différents paramètres de l'excitateur DRM et même modulant la puissance de l'émetteur de manière à garantir de manière permanente la qualité audio la plus élevée possible pour les auditeurs.

3.3.2.6 Conséquences sur le coût des récepteurs

Il faut avant tout acheter un récepteur compatible DRM.

Les récepteurs de la première génération seront plus coûteux que par la suite quand de grands volumes seront produits pour le marché grand public.

La différence entre un récepteur DRM et un récepteur RDS MA et MF analogique réside surtout dans un front avant RF de meilleure qualité et une puce spécialisée qui remplacera les équipements actuels. Le boîtier, le haut-parleur, l'antenne, l'écran et le clavier resteront les mêmes que ceux d'un bon récepteur actuel. Cela signifie que la différence de prix sera la différence de prix de la puce.

A long terme, les prix des puces DRM convergeront, bien qu'ils puissent rester le double du prix actuel d'une puce MF + RDS.

Le prix du matériel électronique devrait être réduit parce que le front avant RF deviendra bientôt un front avant RF entièrement numérique (échantillonnage direct du signal RF), avant d'être intégré dans la puce DRM.

Etant donné que de très grands pays ont décidé d'adopter la norme DRM pour leur radiodiffusion internationale mais aussi pour leur marché national, le nombre de récepteurs va augmenter sensiblement. Avec la courbe d'apprentissage et le coût des équipements liés à la quantité, des quantités importantes signifient des prix peu élevés. Certains exemples sont très intéressants: le prix du premier lecteur de CD approchait les 1 000 EUR mais il est possible maintenant de trouver des équipements bas de gamme à moins de 60 EUR. Le lecteur de DVD a suivi la même règle. Après des premiers prix à plus de 1 500 EUR, on en trouve maintenant à moins de 100 EUR.

Le prix du récepteur DRM dépendra de la gamme des produits:

- les récepteurs très haut de gamme coûteront bientôt le même prix que les récepteurs haut de gamme que l'on trouve actuellement dans le monde;
- des récepteurs bas de gamme, selon les quantités et la réduction du prix de la puce, devraient se situer à un prix proche de celui des récepteurs bas de gamme actuels.

Il y a d'autres types possibles de récepteurs:

- récepteurs basés PC;
- récepteurs pour automobiles;
- récepteurs intégrés dans des téléphones et appareils mobiles.

Chapitre IV

Résumé des résultats de la CRR-04

4.1 Introduction

La première session de la Conférence régionale des radiocommunications chargée de planifier le service de radiodiffusion de Terre numérique dans certaines parties des Régions 1 et 3 dans les bandes 174-230 MHz et 470-862 MHz a eu lieu à Genève du 10 au 28 mai 2004.

4.2 Principaux résultats

- Un accord sur les définitions à utiliser dans les trois accords futurs (le nouveau et les parties restantes de l'Accord de Stockholm (1961) et de l'Accord de Genève (1989)).
- Un accord sur les méthodes de prévision de la propagation pour l'ensemble de la zone de planification couvrant l'Europe, y compris la CEI à l'exclusion de la Mongolie, l'Afrique, les Etats arabes et la République islamique d'Iran, en tenant compte des conditions de propagation spéciales dans certaines régions.
- Un accord sur toutes les bases et caractéristiques techniques, couvrant tous les éléments détaillés nécessaires (bandes de fréquences, modes de réception, gains d'antenne, polarisation, critères de planification, valeurs C/N , etc.) à utiliser dans la planification.
- Un accord sur la manière de protéger d'autres services primaires (autres que de radiodiffusion) existant dans la zone de planification, y compris les critères de protection.
- Un accord sur les principes et méthodes de planification à utiliser dans les bandes 174-230 MHz et 470-862 MHz, afin de préparer des exercices entre les deux sessions et durant la seconde et dernière session, si celle-ci l'approuve.
- Un accord sur les formats et leurs contenus pour la présentation par les administrations de leurs besoins de radiodiffusion numérique, ainsi que pour les données concernant les stations de télévision analogique existantes et d'autres services primaires (à utiliser entre les deux sessions et pendant la seconde session).
- Un accord sur les aspects réglementaires et procéduraux de l'ensemble de l'exercice de planification et l'adoption du nouveau plan.
 - Un accord sur la définition de la zone de planification et sur la planification attendue.
 - Des plans associés aux nouveaux accords (le nouveau plan et les deux plans pour les parties restantes des Accords ST61 et GE89).
 - Une proposition de date d'entrée en vigueur de l'accord au plus tôt 12 mois après la seconde session; cette décision sera prise par la seconde session.
 - Aucun accord sur la période de transition; deux options ont été retenues, à savoir:

Pendant la période de transition, les assignations analogiques existantes ou en projet continueront d'être utilisées et protégées par le nouveau plan numérique. Après, des assignations analogiques pourront continuer à être utilisées à condition:

- qu'une protection soit accordée au nouveau plan numérique et à ses modifications;
- qu'aucune protection ne soit demandée vis-à-vis du nouveau plan numérique et de ses modifications.

La période en question commencera à la date d'entrée en vigueur du nouvel accord et se terminera à une date qu'arrêtera la seconde session de la Conférence, à propos de laquelle les deux options suivantes ont été déterminées:

– Option 1

Le plus tôt possible et de préférence en 2015 au plus tard; toutefois, des périodes de transition plus longues ou plus courtes pourront être convenues au niveau multilatéral, à condition que les administrations concernées ne s'en trouvent pas affectées.

– Option 2

Au plus tôt en 2028 et au plus tard en 2038; toutefois, des périodes de transition plus courtes pourront être convenues au niveau multilatéral.

Il appartient à chaque administration de décider de la date à laquelle cesseront ses émissions analogiques.

Tous les pays en développement sans exception ont choisi l'option 2 pour les raisons suivantes:

- a) Aucune nécessité urgente de passer au numérique pour la radiodiffusion de Terre.
- b) Protection des utilisateurs utilisant des récepteurs de télévision analogique.
- c) Existence de nombreux signaux numériques d'émission de radiodiffusion par satellite reçus à l'aide de récepteurs de télévision analogique existants avec l'aide d'un convertisseur (convertisseur numérique/analogique).
- d) Tous n'ont pas utilisé des canaux analogiques disponibles existant dans les Plans analogiques de Stockholm (1961) et de Genève (1989).
 - Un accord sur les procédures nécessaires doit être mis au point entre les deux sessions.
 - L'adoption de nombreuses résolutions, qui faciliteront les études techniques faites par les commissions d'études et les exercices de planification entre les deux sessions conduits par le Groupe de planification intersessions (GPI pour les exercices de planification) et le Groupe sur les réglementations et les procédures (GRP) chargé d'étudier les questions de réglementation et de procédure, les deux groupes rendant compte à la seconde session.

Chapitre V

Conclusions

Traditionnellement, radiodiffusion et télécommunications ont été considérées comme des marchés verticaux distincts. La convergence des technologies numériques, qui se traduit par la possibilité de transporter le même contenu numérique sur l'un ou l'autre de ces réseaux, permet de créer de nouveaux marchés horizontaux à chaque niveau de la chaîne de valeur (contenu, fourniture de services, exploitation du réseau et terminaux), ouvrant ainsi toutes sortes de nouvelles perspectives économiques. Pour la première fois, n'importe quel service multimédia devrait être accessible à partir des différentes plates-formes de communication (fixes, portables et mobiles) et à un coût acceptable.

Le «passage au numérique», c'est-à-dire le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique, est un processus complexe ayant des incidences sociales et économiques qui vont bien au-delà de la migration technique pure. Le développement de la radiodiffusion numérique est positif car il améliore la portée et la qualité des services, notamment grâce à la compression numérique. Cela entraîne une augmentation de l'efficacité spectrale et des charges utiles des réseaux.

Le passage à la radiodiffusion et à la télévision numériques devrait être un processus d'ensemble, englobant divers réseaux, modèles commerciaux et services, y compris la télévision gratuite, une meilleure qualité d'image ou des services de données et interactifs. L'abandon de l'analogique ne devrait être effectif que lorsque la radiodiffusion numérique aura atteint un taux de pénétration quasi universel, en tenant compte de toutes les possibilités ci-dessus, pour réduire les coûts sociaux au minimum. Une intervention politique devrait avoir lieu au niveau national d'abord, compte tenu des différences commerciales et politiques entre les Etats Membres dans le domaine de la radiodiffusion. Toutefois, l'UIT a aussi un rôle à jouer, en particulier en raison des aspects liés aux marchés intérieurs. Ses contributions pourraient porter notamment sur les sujets suivants: étalonnage des performances, normes des équipements, information des consommateurs, accès facilité et encouragé aux services à valeur ajoutée.

Le secteur procède actuellement à l'élaboration de technologies grâce auxquelles la convergence numérique sera une réalité. La convergence numérique permet aux fournisseurs de contenus et de services de diffuser leurs offres par différents moyens. Parallèlement, les consommateurs peuvent accéder aux services à l'aide de différents terminaux adaptés à la réception de contenus multimédias, et bénéficier d'un nombre accru de services par un seul et unique terminal; les frontières entre les secteurs traditionnels de la radiodiffusion et des communications électroniques deviennent ainsi plus floues, modifiant profondément les perspectives futures en matière de répartition des médias. Il importe donc d'élaborer soigneusement les dispositions réglementaires futures de façon à ce qu'elles reflètent ces transformations.

5.1 Considérations touchant à la réglementation

La réglementation doit permettre la fourniture de services multimédias au moyen des différents types de réseaux de diffusion; les règlements en vigueur doivent garantir pour tous les intervenants l'égalité des conditions de concurrence sur les nouveaux marchés horizontaux, tout en corrigeant les imperfections du marché. Afin de faciliter le déroulement de ce processus, il faut adapter les structures réglementaires existantes.

Il importe en outre que les décisions de principe relatives au spectre (prenant notamment en compte des aspects tels que les attributions de fréquence, les assignations et la libéralisation) offrent un accès à tous les postulants, suivant des modalités harmonisées ouvertes, transparentes et non discriminatoires et garantissent des moyens propres à assurer la mise en œuvre d'une capacité de diffusion suffisante et appropriée. Pour faciliter l'organisation d'une prestation de service et d'une diffusion au niveau mondial, ainsi que l'interopérabilité des équipements et leur production moyennant des économies d'échelle, il convient d'encourager une exploitation globalement harmonisée du spectre, sans néanmoins éliminer la souplesse

indispensable à la définition d'un contexte concurrentiel et techniquement avancé par le biais des principes de gestion du spectre et d'octroi de licences. En outre, l'exploitation du spectre doit tenir compte des différences régionales quant à l'importance des ressources radioélectriques requises pour la diffusion de contenus et la mise en place de services interactifs, étant donné que les besoins des usagers et leurs centres d'intérêts peuvent varier d'une région à l'autre.

Jusqu'à maintenant, les réseaux de télécommunications et de radiodiffusion ont évolué en fonction de normes et de réglementations distinctes, cloisonnées verticalement. La radiodiffusion a été affectée exclusivement à la radio et à la télévision, et les télécommunications aux communications vocales. Récemment, les communications de données se sont développées dans le cadre propre aux technologies de l'information. Or, à la faveur de la numérisation, les frontières entre télécommunications, services de télévision et de radio et transmission de données disparaissent. De ce fait, il devient de plus en plus difficile de définir ou de catégoriser les futures structures de diffusion en fonction des types de services acheminés. Il faut donc de nouvelles définitions en rapport avec les préoccupations de réglementation.

Le nouveau contexte réglementaire devrait également intégrer la fourniture de services multimédias au moyen des différents types de réseaux de diffusion (radiodiffusion et communications mobiles). En fait, l'utilisation des réseaux se développe et devient plus souple, sans être assujettie à la transmission de certains contenus. Cette évolution renforcera la volonté d'investir dans la construction de réseaux et dans leur amélioration technique.

5.2 Efficacité d'utilisation du spectre radioélectrique

Le passage de l'analogique au numérique dans le domaine de la radiodiffusion a déjà commencé dans certains pays et doit se poursuivre dans le reste du monde au cours des prochaines années. La durée effective de la période de fonctionnement parallèle de la diffusion numérique et analogique, autrement dit la date à laquelle les émissions analogiques auront disparu, variera d'un pays à l'autre (l'année 2010 a été fixée comme objectif pour un certain nombre de pays européens en ce qui concerne la télévision numérique). Toutefois, les pays restants de la Région 1, tous les pays en développement plus la République islamique d'Iran, ont opté pour l'année 2028 ou 2038 pour la fin des émissions analogiques.

Ce processus de transition comporte différentes étapes:

- le passage à la télévision numérique;
- l'abandon de la télévision analogique;
- les modalités de réaménagement du spectre des fréquences de télévision analogique.

Autorisant la diffusion de contenus numériques dans une partie seulement de la largeur de bande radioélectrique qui serait nécessaire aux émissions analogiques équivalentes, cette évolution entraînera l'apparition d'une capacité nouvelle importante, disponible pour de nouveaux services. Par conséquent, l'obtention d'une offre considérablement élargie de programmes de télévision numérique est techniquement possible, moyennant une utilisation réduite du spectre radioélectrique. En outre, des services et des contenus numériques nouveaux pourront être proposés dans ces conditions, au moment du lancement de la technologie numérique, mais aussi une fois la radiodiffusion analogique disparue, à la faveur d'un développement quantitatif notable des programmes de radiodiffusion télévisuelle (vidéo). Il existe donc une réelle opportunité d'essor de la radiodiffusion télévisuelle et sonore comme de développement de différents services interactifs à partir de terminaux fixes, portables et mobiles (diffusion de données par l'internet et services interactifs).

Toutes les potentialités futures de la radiodiffusion numérique seront réalisées une fois franchie l'étape de l'abandon de la radiodiffusion analogique. Le problème essentiel sera de garantir la disponibilité de nombreux services différents auprès de toutes sortes de prestataires de service et de veiller à l'ouverture et à la neutralité, conditions préalables à l'apparition de services novateurs, de nouvelles avancées technologiques et d'une concurrence vigoureuse et bénéfique pour les consommateurs comme pour l'économie dans son ensemble.

5.3 Spécifications concernant les services de radiodiffusion

5.3.1 Aspects réseau

L'avantage de la radiodiffusion par voie hertzienne de Terre DVB-T en termes de portabilité, de mobilité, d'intégration des récepteurs et de la réception au moyen de boîtiers décodeurs, justifie pleinement l'extension maximale de la couverture par voie hertzienne de Terre. Dans de nombreux pays, la plupart des ménages reçoivent de cette façon les émissions de radiodiffusion analogique. Les ménages exclusivement demandeurs de services hertziens numériques gratuits seront particulièrement désireux de recevoir ces services par voie hertzienne de Terre. L'infrastructure actuelle du réseau de radiodiffusion analogique par voie hertzienne de Terre peut ainsi être pleinement mise à profit et utilisée à cet effet.

Le principe des réseaux à fréquence unique fournit une solution efficace pour économiser les ressources radioélectriques nécessaires à la desserte d'une zone géographique restreinte. Par l'utilisation conjointe des modes 2K et 8K, et de plusieurs intervalles de garde, le système DVB-T offre des instruments efficaces de planification des réseaux à fréquence unique à différentes fins, notamment la réception mobile. De plus, et selon une pratique largement connue des radiodiffuseurs, l'emploi d'émetteurs de complément ou de répéteurs, peut aisément améliorer les conditions de réception, tout en préservant une parfaite compatibilité avec des perfectionnements futurs, et renforcer les possibilités de réception au moyen de terminaux portables et mobiles. Autrement dit, les extensions de réseaux et les modifications destinées à assurer la réception à l'aide de terminaux mobiles ou portables peuvent être réalisées moyennant des coûts acceptables.

Le mode de vie des usagers connaît une évolution rapide dans le sens de la mobilité. Les technologies 2G, 3G et suivantes nous ont appris à nous servir des systèmes cellulaires mobiles pour nos communications quotidiennes. Les consommateurs seront en mesure de recevoir de nouveaux types de services à contenu et bénéficieront d'une interactivité accrue grâce aux services mobiles de radiodiffusion de données acheminés par la technologie DVB-T/H avec une liaison 2G/3G utilisée comme canal de retour. Associée aux réseaux cellulaires, la technologie DVB-T/H offrira aux consommateurs l'accès à des services personnalisés et indépendants de la localisation.

5.3.2 Caractéristiques des récepteurs

Il y aura vraisemblablement quatre principaux types de récepteurs:

- 1) Récepteur TV numérique fixe et boîtier décodeur, pour la réception fixe au moyen d'antennes de toit ou d'antennes intérieures fixes.
- 2) Récepteurs de télévision ou de radio portatifs.
- 3) Terminaux installés à bord de véhicules et terminaux mobiles manuels intégrant le cas échéant des fonctions cellulaires 2G/3G.
- 4) Systèmes hertziens large bande mobiles /portatifs.

Les terminaux de type 3 et 4, c'est-à-dire les terminaux portables, fonctionneront sur batterie et seront conçus nécessairement en privilégiant une faible consommation électrique. Aussi faut-il veiller tout particulièrement à réaliser des conditions de radiodiffusion telles que cet objectif puisse être atteint tout en préservant la simplicité du terminal du point de vue de l'utilisation des fréquences radioélectriques. En particulier, pour la réception télévisuelle, l'une des principales préoccupations dans le contexte actuel tient à la répartition des canaux numériques dans tout le spectre UHF, pour que les canaux analogiques à puissance élevée se trouvent au voisinage des canaux numériques; cette configuration comporte de très fortes exigences de linéarité concernant les éléments RF des terminaux, et entraîne par conséquent une consommation excessive d'énergie électrique. Le fait d'avoir une partie homogène du spectre réservée à la radiodiffusion numérique de données à partir de terminaux portables/mobiles et aux systèmes sans fil à large bande contribuerait dans une large mesure à résoudre ce problème.

5.4 Aspects liés à l'interopérabilité des systèmes

Tous les sous-chapitres rendent compte de la situation qui prévaut dans les pays de l'Union européenne. Les autres administrations sont invitées à fournir des informations complémentaires concernant le scénario qui leur est propre.

5.4.1 Réception numérique

Faire en sorte que la plupart des usagers soient équipés d'un récepteur numérique est le défi majeur du passage au numérique et conditionne l'abandon de la transmission analogique. Le fait de devoir trouver une solution pour tous les récepteurs du foyer et non simplement pour le récepteur principal ne fait que compliquer le problème. Les deux options fondamentales consistent à opter soit pour des convertisseurs numériques ou des boîtiers décodeurs reliés aux récepteurs analogiques, soit pour des récepteurs numériques intégrés. De plus, l'installation d'équipements de réception complémentaires, notamment de câbles, d'antennes, d'antennes paraboliques, etc., est fréquemment nécessaire.

L'adaptation aux différents segments d'usagers impose la mise en place d'un vaste éventail de solutions en matière de réception numérique. Autrement dit, le choix doit pouvoir porter sur les fonctionnalités, les prix et les formules commerciales proposées. Le coût des équipements n'est pas un obstacle majeur pour le consommateur de services de télévision à péage, puisque certains opérateurs de télévision à péage les subventionnent d'ores et déjà, ayant auparavant déployé ou mis en place des millions de décodeurs. Toutefois, la télévision à péage n'assurera pas à elle seule la diffusion à grande échelle de la télévision numérique. Le défi majeur à l'heure actuelle, concerne la création de marchés horizontaux pour des récepteurs non subventionnés, de services hertziens gratuits de télévision numérique intégralement à la charge des consommateurs depuis le début. La coexistence des deux modèles économiques est importante, si la télévision numérique doit réussir une large pénétration du marché.

La disponibilité de récepteurs à un prix abordable est essentielle afin de réduire au minimum les obstacles à l'accès des consommateurs au marché. La plupart des consommateurs doivent être correctement équipés avant que la transmission analogique puisse être abandonnée. Pour que l'accès à la télévision numérique soit économiquement avantageux, le coût des équipements ne doit pas dépasser substantiellement celui des équipements analogiques et les services obtenus doivent être d'un niveau au moins comparable. Telle semble être actuellement l'orientation du marché. Les consommateurs doivent évidemment avoir la possibilité d'acquérir des équipements coûteux assurant la prise en charge de services évolués. La diversité des services et des équipements proposés contribue également à garantir la pénétration à grande échelle du marché de la télévision numérique.

5.4.2 Mesure d'encouragement en faveur du déploiement des récepteurs numériques

La libre circulation des biens à l'intérieur du marché intérieur exige des autorités nationales qu'elles n'imposent pas de contraintes administratives à la commercialisation des équipements de radiodiffusion numérique, ni d'exigences techniques obligatoires.

Certains Etats Membres de l'UIT envisagent de faire bénéficier les équipements numériques de subventions publiques, au moyen de programmes conçus à l'attention de la population en général ou seulement de groupes particuliers. La première solution présente le risque de freiner les achats, notamment les achats d'équipements plus évolués que les équipements subventionnés; la deuxième solution présente celui de provoquer des échanges d'appareils entre les groupes bénéficiant ou non de subventions.

Plusieurs autres formes d'incitations ont été envisagées par certains Etats Membres, par exemple une réduction provisoire et dégressive de la redevance pour les foyers munis d'équipements numériques, afin de favoriser un passage rapide au numérique, etc. Certains Etats Membres autorisent l'application d'un taux de TVA réduit sur les services payés à la consommation et sur les services de radiodiffusion sur abonnement. Les implications financières et les parties concernées diffèrent dans chaque cas, de telle sorte qu'il convient d'étudier soigneusement les options en présence avant de les mettre en place.

5.4.3 Information des consommateurs sur les équipements numériques et sur le passage au numérique

L'information du consommateur conditionne les ventes d'équipements numériques dans un contexte de passage au numérique induit par le marché. Les consommateurs doivent être dotés des moyens leur permettant de planifier leur propre passage au numérique, au lieu d'y être contraints et de se trouver ainsi impuissants face à ce processus. Ils doivent être soigneusement informés du calendrier et des conséquences du changement de façon à pouvoir choisir des services et des équipements dans un vaste éventail d'options. Il importe qu'ils soient informés des possibilités offertes par différents dispositifs, des perspectives d'obsolescence des équipements analogiques et enfin, des possibilités d'amélioration des matériels. Les informations et les données d'étiquetage doivent par ailleurs être présentées sous les formes accessibles aux consommateurs handicapés.

L'information des consommateurs incombe aux équipementiers, aux détaillants et aux fournisseurs de services, qui doivent coordonner leur action et envoyer des messages clairs tout en respectant les règles de la concurrence. Il serait particulièrement judicieux d'adopter des systèmes d'étiquetage des équipements analogiques et numériques caractérisés par la présence de notices explicatives et/ou de logotypes, fondés sur un engagement volontaire de l'industrie. Ces dispositions viseraient à adresser aux consommateurs des indications positives et négatives concernant respectivement les récepteurs conformes aux normes de transmission numérique et adaptés exclusivement à la transmission analogique. Les informations ainsi communiquées devraient refléter les politiques nationales en matière de passage au numérique, notamment les dates prévues au niveau national ou régional pour l'abandon de la transmission analogique. A l'approche de cette échéance, les Etats Membres doivent intensifier leurs mises en garde à l'attention des consommateurs quant aux risques d'obsolescence des équipements.

L'intervention des pouvoirs publics dans ce domaine a été proposée dans plusieurs pays notamment dans certains Etats de l'Union européenne. Toutefois, les Etats Membres ne peuvent imposer de jure ou de facto des systèmes d'étiquetage obligatoire, sans notification préalable, celle-ci autorisant une évaluation de la compatibilité de mesures de ce type avec les règles en vigueur sur le marché intérieur. Si nécessaire, on pourrait envisager un certain niveau d'harmonisation pour que l'approche suivie en matière d'étiquetage soit commune, tout en adaptant sa mise en œuvre au contexte local, notamment aux dates prévues pour l'abandon de la transmission numérique dans chaque pays. Les spécifications d'étiquetage pourraient être approuvées par les organisations de consommateurs et par les organismes de normalisation.

5.4.4 Récepteurs intégrés de télévision numérique

L'interdiction de la vente de téléviseurs exclusivement analogiques, conformément à un calendrier par étapes, a été récemment approuvée aux Etats-Unis et débattue dans certains Etats Membres de l'Union européenne. Tous les pays devraient appliquer de façon plus ou moins simultanée l'obligation de préserver l'homogénéité du marché intérieur. Cette mesure aurait un impact plus important dans les pays où le taux de pénétration de la télévision numérique reste faible et irait à l'encontre du principe de subsidiarité traditionnellement appliqué en matière de politique de radiodiffusion.

Un autre inconvénient potentiel de l'obligation de s'équiper en récepteurs numériques intégrés serait le coût supplémentaire pour les consommateurs: toutefois, selon les exigences techniques précises, ce coût pourrait être partiellement compensé par des économies d'échelle. Les répercussions seraient toutefois plus importantes dans les pays où la télévision numérique est moins développée. On peut par ailleurs s'interroger quant à la neutralité de cette mesure du point de vue de la technologie. La prescription d'un seul type de syntonisateur numérique favoriserait vraisemblablement le réseau de télévision analogique dominant, souvent par voie hertzienne de Terre.

5.4.5 Connectivité numérique

Actuellement, les signaux de télévision numérique sont presque toujours visionnés sur des récepteurs analogiques équipés d'un décodeur numérique, d'un boîtier numérique, qui décode les signaux et les transmet par un connecteur analogique de type péritel. Ainsi, les signaux numériques sont convertis en signaux analogiques avant d'être affichés. Cette solution est acceptable en ce qui concerne les téléviseurs actuels à

tube cathodique et dont l'écran est de modestes dimensions. Toutefois, la dégradation de qualité devient davantage perceptible sur les grands écrans qui utilisent les nouvelles technologies d'affichage numérique. De plus, l'absence de connecteurs numériques systématiquement installés et validés empêche le transfert des informations numériques entre les téléviseurs numériques et les autres dispositifs de ce type installés dans le même foyer. La connectivité numérique pose cependant des problèmes de protection des droits d'auteur, en particulier vis-à-vis des contenus numériques insuffisamment protégés, susceptibles d'être copiés ou diffusés de façon illicite. Les possibilités d'installation de connecteurs numériques devraient être étudiées davantage en tant que mesures propres à inciter les consommateurs à changer d'équipement. Il existe un certain nombre d'options en matière d'interconnexion des équipements de télévision numérique, conformes à différentes exigences mais il s'avère difficile de déterminer l'orientation future du marché.

5.4.6 Interopérabilité des services

En ce qui concerne les fonctionnalités plus complexes, telles que les interfaces de programmes d'application (API, *application program interfaces*), il faut encourager les solutions ouvertes et interexploitables en matière de services de télévision interactifs. Les Etats Membres décideront s'il faut imposer certaines normes afin de renforcer l'interopérabilité et la liberté de choix des utilisateurs. De fait, ces deux critères contribueront vraisemblablement à développer l'intérêt de ces derniers pour la radiodiffusion numérique, suivant un scénario de migration dicté par le marché, réduisant ainsi la nécessité d'une intervention des pouvoirs publics.

5.4.7 Accès pour les utilisateurs ayant des besoins spécifiques

L'accès à la radiodiffusion numérique devrait être étendu aux citoyens ayant des besoins spécifiques, en particulier les handicapés et les personnes âgées. Toutefois, bien que la radiodiffusion numérique offre des possibilités plus importantes par comparaison à la radiodiffusion analogique dans ce domaine, celles-ci ne sont pas encore prises en charge à l'aide des équipements numériques disponibles sur le marché. L'approbation de politiques harmonisées permet de réduire les coûts grâce à des économies d'échelle et facilite ainsi la commercialisation de fonctionnalités appropriées.

5.4.8 Suppression des obstacles à la réception de la radiodiffusion numérique

La concurrence des infrastructures stimule le développement du marché, élargit les possibilités de choix du consommateur, améliore la qualité du service et stimule la concurrence au niveau des prix. Ce phénomène peut être limité dans certaines régions par le biais de restrictions juridiques administratives ou contractuelles affectant le déploiement des infrastructures ou des installations de réception ou les équipements de réception. Les pouvoirs publics devront arbitrer entre la promotion de la radiodiffusion numérique et le droit fondamental à la réception de l'information et des services, qui conduit à favoriser la concurrence des réseaux, et par ailleurs les autres objectifs de l'action des pouvoirs publics en matière notamment d'urbanisme ou de protection de l'environnement par exemple. A cette condition, les autorités nationales devraient encourager la concurrence des réseaux. A titre d'exemple, certains Etats Membres ont d'ores et déjà adopté des mesures dans ce sens, par exemple en exigeant la mise en place d'équipements de réception multiréseaux dans les nouveaux immeubles résidentiels, en favorisant leur installation dans les immeubles existants (en limitant le pourcentage requis de majorité des locataires) ou en supprimant les clauses restrictives des contrats de copropriété ou de location. La coordination entre les autorités nationales et locales est importante, ces dernières étant souvent responsables de la mise en œuvre concrète de ce type de mesure.

5.5 Incidences sur les citoyens

Toutes les périodes de transition mettent en jeu de nombreux acteurs. Il ressort toutefois de l'expérience passée que les plus importants sont les utilisateurs. Dans tous les cas, leur décision est orientée par les mécanismes du marché, lesquels, sous l'impulsion politique des administrations et des fabricants, avec le concours des radiodiffuseurs, peuvent faire prévaloir l'opinion en faveur du remplacement des systèmes analogiques les plus anciens et de l'achat d'équipements numériques neufs. La coordination entre les différents acteurs est particulièrement importante et urgente. De fait, si les utilisateurs sont prêts à acheter

des équipements neufs et si les constructeurs ont fabriqué ces équipements, il importe au plus haut point de disposer conjointement d'une planification des fréquences établie par les administrations et d'un nombre suffisant de programmes radiodiffusés, offrant un contenu intéressant propre à attirer l'attention des utilisateurs et à promouvoir le passage au numérique.

Le mode de vie des usagers connaît une évolution rapide dans le sens de la mobilité. Les technologies 2G, 3G et suivantes, nous ont appris à nous servir des systèmes cellulaires mobiles pour nos communications quotidiennes. Les consommateurs pourront recevoir de nouveaux types de services à contenu et bénéficieront d'une interactivité accrue grâce aux services mobiles de radiodiffusion de données acheminés par la technologie DVB-T/H avec une liaison 2G/3G utilisée comme canal de retour. Associée aux réseaux cellulaires, la technologie DVB-T/H offrira aux consommateurs l'accès à des services personnalisés indépendants de la localisation. De plus, la transmission de contenus numériques des supports par plusieurs canaux de distribution entraîne une disponibilité accrue des services de la société de l'information grâce à la possibilité de les obtenir de différentes manières, par plusieurs méthodes de transmission en réseau. Le recours à des réseaux de communication plus étendus et plus diversifiés renforce la disponibilité de nouveaux services, ainsi que la mise au point de contenus et de récepteurs à un prix abordable. Ainsi, les services de la société de l'information, notamment les services publics, pourront être offerts à l'ensemble des citoyens dans de meilleures conditions d'accessibilité et à un prix plus avantageux que jamais, grâce à l'utilisation combinée de différents réseaux de distribution ou via un seul et même réseau.

En ce qui concerne la télévision et la radio numériques, le succès exige avant tout que le public soit informé des facilités et des avantages propres aux nouveaux services numériques, notamment les améliorations techniques, ainsi que les programmes et services supplémentaires. Le public doit être au courant des possibilités de nouveaux services offertes par la radiodiffusion numérique et par l'électronique de grande consommation; des initiatives de ce genre (par exemple, visant à renforcer la sensibilisation du public) ont d'ores et déjà été engagées dans certains pays européens. De plus, il convient de développer au maximum l'accès géographique aux services numériques et de mettre les nouveaux services à disposition dans les plus brefs délais.

Le libre accès aux services publics de la société de l'information doit être facilité dans tous les cas où cela est réalisable. Ces mesures favoriseront et accéléreront la mise en œuvre et le succès de la radiodiffusion numérique comme des nouveaux services de diffusion de données. La durée de vie des produits de grande consommation est normalement de 5 à 10 ans, et parfois davantage; cette caractéristique exige des systèmes qu'ils soient stables, librement accessibles et susceptibles d'être améliorés. La seule façon de garantir la conformité à ces exigences réside dans l'observation de normes communes et largement acceptées, conjointement approuvées par les différents intervenants sur le marché.

NOTE – RCC-04/06

En ce qui concerne les conclusions de la CRR-04, les principaux points relatifs à la replanification du spectre de radiodiffusion figurent ci-dessous:

- La replanification des fréquences radioélectriques doit faciliter l'harmonisation régionale, la souplesse et l'efficacité de la mise en place de la radiodiffusion numérique.
- Les bandes de radiodiffusion télévisuelle numérique 174-230 MHz et 470-862 MHz doivent être mises à disposition dans des conditions de souplesse et d'efficacité d'utilisation du spectre, propres à ménager les opportunités offertes également à d'autres services convergents (tels que diffusion de données IP, etc.).
- La planification des fréquences considérera la télévision numérique classique en tant que principale utilisation des ressources actuelles en fréquences analogiques, mais peut aussi tenir compte des services autres que la télévision.
- Au niveau national, les assignations de fréquences et la politique d'octroi de licences doivent permettre de mener à bien rapidement le déploiement complet de réseaux de radiodiffusion numérique rapide appelés à desservir sur l'ensemble du territoire national, des utilisateurs d'applications fixes, portables/nomades et mobiles.
- Les résultats de la CRR-06 influenceront sur bon nombre d'hypothèses formulées précédemment.

Chapitre VI

Etudes de cas⁴

6.1 L'OCDE et la radiodiffusion

L'OCDE a publié en juin 2003 un document intitulé: «Implications de la convergence du point de vue de la réglementation des communications électroniques», provenant du Comité de la politique de l'information, de l'informatique et des communications; la plus grande partie de ce document est consacrée à la place de la radiodiffusion dans les communications électroniques (document DSTI/ICCP/TISP (2003)5).

Après l'introduction:

- 1) La convergence des communications électroniques a pour effet de regrouper des industries dans le domaine des télécommunications qui étaient auparavant considérées comme distinctes du point de vue tant commercial que technique, et dont les traditions et les dispositions réglementaires sont tout à fait différentes. Cette évolution conduit nombre des gouvernements des pays de l'OCDE à reconsidérer leurs orientations dans le secteur des télécommunications.
- 2) La convergence désigne le processus par lequel des réseaux et des services de communication, autrefois considérés comme distincts, sont transformés de telle sorte que:
 - différentes plates-formes de réseau peuvent acheminer un ensemble similaire de services vocaux, audiovisuels et de transmission de données;
 - différents appareils électroniques grand public reçoivent un ensemble similaire de services;
 - de nouveaux services sont mis au point.

La partie A du document développe ce thème du point de vue des infrastructures de radiodiffusion, de la réglementation et des forces de changement en présence.

Le secteur de la radiodiffusion a connu d'importantes transformations structurelles au cours des deux dernières décennies. Jusqu'au début des années 80, le secteur était relativement homogène. Les radiodiffuseurs acheminaient leurs services par les ondes hertziennes (transmission par voie hertzienne de Terre), le nombre de canaux étant limité par la rareté des ressources radioélectriques et par la technologie analogique. Le système de distribution point à multipoint a souvent été considéré comme caractéristique du secteur: un radiodiffuseur émet ses programmes, lesquels peuvent être reçus simultanément par toutes les personnes munies d'un poste de radio ou de télévision. Les services étaient disponibles gratuitement par voie hertzienne, téléspectateurs et auditeurs n'étant pas tenus de payer pour la réception de canaux et de programmes particuliers. Toutefois, des redevances étaient perçues dans de nombreux pays pour financer, du moins en partie, les radiodiffuseurs du service public.

Dans la plupart des pays européens, les redevances étaient réservées aux radiodiffuseurs publics; aux Etats-unis par contre, le financement de la radiodiffusion commerciale par la publicité était la norme. D'autres pays, tels que l'Australie et la Nouvelle-Zélande, ont associé les deux approches. Dans tous les cas, il n'y avait pas de lien économique direct entre les radiodiffuseurs et leurs téléspectateurs ou auditeurs. Suivant le modèle européen, les conseils d'administration des radiodiffuseurs publics interprétaient les «besoins» des téléspectateurs et déterminaient ainsi la programmation qu'il convenait de proposer. Suivant le modèle commercial, les radiodiffuseurs établissaient la programmation en fonction de son aptitude à attirer les recettes publicitaires au moindre coût. Dans un cas comme dans l'autre, les préférences des téléspectateurs n'avaient pas d'incidence directe sur le type de programme proposé par le secteur.

Dans la plupart des pays de l'OCDE, les radiodiffuseurs par voie hertzienne de Terre sont à financement public ou privé et utilisent de 1 à 11 canaux à couverture nationale. 17 pays utilisent de trois à six canaux nationaux. Le Luxembourg et le Mexique n'ont pas de réseau public de radiodiffusion, tandis que l'Autriche,

⁴ La plupart de ces études de cas se rapportent à des pays développés.

le Danemark, la Corée, les Pays-Bas et la Suisse ne comptent aucun radiodiffuseur commercial par voie hertzienne de Terre dont la zone de couverture soit nationale. Or, le Danemark, la Corée et la Suisse délivrent des licences à des radiodiffuseurs commerciaux dont la zone de couverture est locale.

Le financement et l'exploitation des réseaux de transmission par voie hertzienne de Terre reposent sur un certain nombre de modèles différents. Dans de nombreux pays européens, le radiodiffuseur public ou l'opérateur historique des télécommunications, ou encore un organisme particulier du secteur public, possède et exploite le réseau. En Amérique du Nord et au Japon (comme en Belgique, en Grèce et en Italie), chaque radiodiffuseur possède son propre réseau de transmission. Les radiodiffuseurs privés en Australie sont également organisés de cette façon. En Australie et au Royaume-Uni, les réseaux terrestres publics ont été vendus ces dernières années et le Gouvernement irlandais a annoncé une mesure analogue.

Le satellite et le câble ont permis d'augmenter considérablement le choix, le nombre de canaux et la gamme de services offerts aux téléspectateurs. Outre les abonnements, les radiodiffuseurs publics d'une majorité de pays membres proposent des canaux supplémentaires accessibles uniquement par satellite et par câble. Certains canaux nationaux privés, financés par la publicité, ne sont également accessibles que par satellite et par câble, avec des contraintes de spectre moins strictes. De plus, la transmission par satellite permet de regrouper et d'étendre à un autre pays l'accès à des canaux destinés initialement aux téléspectateurs d'un seul et même pays. Par exemple, les activités de production et d'émission de TV3 au Danemark sont réalisées au Royaume-Uni.

Les éléments suivants caractérisent la réglementation de la radiodiffusion dans les pays de l'OCDE.

- Le niveau et le type de réglementation dépendent de la plate-forme de transmission. La diffusion gratuite sur les ondes ou la diffusion par voie hertzienne de Terre fait l'objet d'une réglementation plus stricte, qui correspond à sa contribution plus diffuse à la formulation des opinions de la communauté.
- L'utilisation du spectre et la fourniture d'un service de radiodiffusion sont dans nombre de cas soumises à l'octroi d'une licence.
- L'octroi d'une licence de radiodiffusion permet de contrôler l'accès aux ressources radioélectriques; un vaste éventail de conditions techniques et relatives au contenu est associé aux licences.
- Le financement des radiodiffuseurs publics vise à renforcer la pluralité, la diversité des programmes et l'identité nationale.
- Tandis que la plupart des pays poursuivent des politiques visant à atteindre des objectifs culturels, notamment la prise en charge d'une programmation nationale, d'autres pays respectent un plus large éventail d'obligations relatives aux contenus. Ces obligations concernent la diversité et la qualité de la programmation, la protection des enfants, la reconnaissance des normes communautaires en matière de goûts et de convenances, et les restrictions applicables à la publicité afin de répondre à différents objectifs de santé publique et de protection des consommateurs.
- La très grande diversité des objectifs poursuivis et l'atomisation des politiques adoptées risquent de se traduire par des réglementations qui ne sont pas toujours compatibles (par exemple, les restrictions concernant le nombre des radiodiffuseurs vont à l'encontre de la diversité).

La partie B du document développe le thème de la réforme de la réglementation. Cette partie étudie le type de réforme réglementaire à engager pour relever les défis lancés par la convergence et saisir ainsi les opportunités offertes.

La proposition porte sur les points suivants:

- Un cadre réglementaire organisé en fonction des domaines d'activité, par opposition au cadre vertical actuel organisé autour des secteurs.
 - Cette structure est parfois dite horizontale et se caractérise par des dispositions réglementaires concernant le système de transport et le contenu. Toutefois, les deux régimes ne sauraient être considérés comme entièrement indépendants. Les décisions touchant à un aspect du transport peuvent avoir une incidence sur les objectifs culturels et sociaux et inversement.

- Un régime réglementaire commun pour l'acheminement de tous les services de communication électronique.
- Procédures d'habilitation distinctes pour le transport d'un service de communication et pour la fourniture d'un service de radiodiffusion (contenu).
 - Les conditions de base applicables aux procédures d'habilitation pourraient être différentes.
 - Les conditions applicables aux procédures d'accès (en l'occurrence l'octroi de licences) associées aux contenus, ainsi que les restrictions quant à la propriété des radiodiffuseurs devraient s'appliquer exclusivement à la licence pour la fourniture d'un service de radiodiffusion.
- Mesures d'incitation en faveur d'une utilisation plus efficace du spectre, notamment:
 - Calcul des droits de licence pour la transmission par voie hertzienne de Terre des services radiodiffusés, fondé sur la valeur des ressources radioélectriques utilisées.
 - Aptitude des radiodiffuseurs à restituer les ressources radioélectriques inutilisées; sinon, la création d'un marché secondaire du spectre pourrait être encouragée.
 - Toutes restrictions quant à l'utilisation du spectre devraient prendre la forme de niveaux minimaux de services de radiodiffusion à fournir.
 - La fourniture d'un service de radiodiffusion de base vers les zones dont la couverture n'est pas rentable devrait être organisée en tant qu'obligation de service universel et mise en place de la façon la plus judicieuse.
- Application des règles de concurrence et de réglementation sectorielle pour limiter les pratiques anticoncurrentielles et garantir un accès approprié aux réseaux d'infrastructure, aux systèmes d'accès conditionnel et aux contenus.
 - Evolution vers des définitions plus larges des marchés et vers l'utilisation de la notion de domination comme seuil de déclenchement d'un contrôle réglementaire plus strict.
 - Examen plus minutieux du point de vue de la législation antitrust des entreprises à intégration verticale qui contrôlent conjointement les réseaux de diffusion et les contenus à supplément.
 - Hypothèse préalable selon laquelle les contrôleurs d'accès ne peuvent à juste titre refuser ou différer l'accès aux réseaux de transmission et aux systèmes d'exploitation tels que les interfaces de programmes d'application et aux contenus à supplément.
- Réalisation de l'objectif de pluralité d'expression grâce à la capacité supplémentaire offerte par la radiodiffusion numérique afin d'augmenter le nombre de radiodiffuseurs et en s'appuyant sur une politique de la concurrence et une vérification de l'utilité publique.
 - Législation censée d'une part reconnaître explicitement le risque de tension lié à l'utilisation de la concurrence pour atteindre conjointement les objectifs économiques et sociaux, et d'autre part, donner des orientations claires quant à l'importance de l'objectif de pluralité d'expression.
 - Approbation des fusions dans le secteur des médias sous réserve de leur évaluation économique normale et de leur conformité à l'intérêt général.
 - De manière analogue, les décisions d'application des régimes d'accès devraient tenir compte des deux critères.
- Remplacement des quotas de transmission de contenus nationaux par des subventions équivalentes pour la production de programmes nationaux et de services audiovisuels en tant que moyen d'atteindre l'objectif de diversité culturelle.
- Maintien du financement de la radiodiffusion publique en tant que contribution à la réalisation des objectifs de pluralité et de diversité.
- Dispositions institutionnelles organisées de façon à confier à une seule instance réglementaire la question des conditions d'accès et d'utilisation des réseaux de communication électronique.

6.2 Question du spectre de radiodiffusion vidéo numérique en Europe

Ce chapitre présente les opinions généralement exprimées par les constructeurs européens et traite des questions d'attribution et d'utilisation du spectre pour les applications de radiodiffusion; il traite également des aspects réglementaires et techniques connexes en Europe, en s'attachant plus particulièrement aux bandes de fréquence de radiodiffusion 48-68, 174-230 et 470-862 MHz.

La convergence numérique permet aux fournisseurs de contenus et de services de mettre leurs services à disposition par l'intermédiaire de plusieurs canaux. De manière analogue, les consommateurs ont la possibilité d'accéder aux services au moyen de différents terminaux adaptés à plusieurs contenus multimédias. Les frontières entre les secteurs traditionnels de la radiodiffusion et des télécommunications se trouvent donc effacées, ce qui entraîne des conséquences quant à la répartition future des médias. La diffusion des données illustre concrètement ce phénomène – à savoir, la transmission de contenus et de services multimédias par des réseaux de radiodiffusion numérique. Le secteur a mis au point des technologies appelées à faire de la convergence numérique une réalité.

Traditionnellement, la radiodiffusion et les télécommunications ont été considérées comme des marchés verticaux distincts. La convergence des technologies numériques, qui se traduit par la possibilité de transporter le même contenu numérique sur l'un ou l'autre de ces réseaux, permet de créer de nouveaux marchés horizontaux à chaque niveau de la chaîne de valeur – contenu, fourniture de services, exploitation du réseau et terminaux. Toutes sortes de nouvelles perspectives économiques étant ainsi ouvertes, pour la première fois n'importe quel service multimédia devrait être accessible à partir des différentes plates-formes de communication, fixes, portables et mobiles.

a) Contexte réglementaire

La réglementation doit permettre la fourniture de services multimédias au moyen des différents types de réseaux de diffusion; les règlements en vigueur doivent garantir pour tous les intervenants l'égalité des conditions de concurrence sur les nouveaux marchés horizontaux. Afin de faciliter le déroulement de ce processus, il faut adapter les structures politiques et réglementaires existantes. Il importe en outre que les décisions de principe relatives au spectre assurent une capacité de diffusion suffisante et appropriée. Pour faciliter une prestation de service et une diffusion au niveau mondial, ainsi que l'interopérabilité des équipements, il convient d'encourager une exploitation globalement harmonisée du spectre, par le biais des mesures de gestion des ressources radioélectriques et d'octroi de licence.

L'introduction du cadre réglementaire commun pour les communications électroniques de l'Union européenne (2002) fournit l'occasion de lever les obstacles. En ce qui concerne les fabricants, l'application de cette réglementation doit viser les objectifs suivants:

- réexamen des règlements qui s'opposent à l'acheminement de contenus multimédias sur tout canal de transmission;
- garantie pour tous les intervenants de l'égalité des conditions de concurrence sur les marchés horizontaux;
- mise à disposition de ressources radioélectriques suffisantes autorisant une transmission de contenus adéquate, tout en encourageant une utilisation du spectre harmonisée à l'échelle mondiale.

De plus, la transmission de contenus numériques des supports par plusieurs canaux de distribution renforce la disponibilité des services de la société de l'information grâce à la possibilité de les obtenir de différentes manières, par différentes méthodes de transmission en réseau. Le recours à des réseaux de communication plus étendus et plus diversifiés renforce la disponibilité de nouveaux services, ainsi que la mise au point de contenus et de récepteurs à un prix abordable. Ainsi, les services publics pourront être offerts à tous grâce à l'utilisation de différents réseaux de distribution. La radiodiffusion télévisuelle numérique de données jouera un rôle décisif dans la mise à la disposition des téléspectateurs de services locaux et de possibilités interactives de réception au moyen de terminaux mobiles et portables.

En fait, l'utilisation des réseaux se développe et s'assouplit, sans être assujettie à la transmission de certains contenus. Cette évolution renforcera la volonté d'investir dans la construction de réseaux.

A long terme, la numérisation des réseaux de télévision aura également un effet de nature à réduire les coûts de transmission. Au lieu du flux unique actuel de programmes, de 4 à 6 flux au moins pourraient être radiodiffusés par le même émetteur et sur le même canal. Une fraction de la capacité des canaux de radiodiffusion télévisuelle et sonore pourrait également être utilisée de façon souple pour assurer la fourniture de services supplémentaires. Dans ce cas, les fréquences radioélectriques pourraient être utilisées plus rationnellement, de manière à pouvoir optimiser l'exploitation de ressources naturelles limitées.

b) Efficacité d'utilisation du spectre de radiodiffusion

Dans certains pays d'Europe, le spectre disponible est suffisant pour les besoins tant des services classiques de radiodiffusion numérique que des nouveaux services tels que les transferts de fichiers de données – catalogues de produits, applications logicielles, jeux et journaux. Les perspectives offertes par la technologie numérique seront pleinement mises à profit, seulement lorsque la technologie analogique aura été complètement abandonnée. Les services acheminés au sein d'un multiplex donné doivent être répartis en harmonie avec les capacités globales du réseau. Ainsi, il pourrait être justifié d'attribuer une fraction de la capacité d'un multiplex à des services autres que la télévision classique. Le problème majeur tient à la possibilité de garantir la disponibilité d'un grand nombre de services différents fournis par de nombreux prestataires distincts, l'accessibilité à des services novateurs et la préservation d'une concurrence vigoureuse au profit du consommateur et de l'économie dans son ensemble.

c) Mise en place de l'infrastructure

Jusqu'à maintenant, les réseaux de télécommunications et de radiodiffusion ont évolué en fonction de normes et de réglementations distinctes, cloisonnées verticalement. La radiodiffusion a été affectée exclusivement à la radio et à la télévision, et les télécommunications aux communications vocales. Récemment, les communications de données se sont développées dans le cadre propre aux technologies de l'information. Or, la numérisation tend à effacer les frontières entre télécommunications, services de radio et de télévision et de radio, et transmission de données. De ce fait, il devient de plus en plus difficile de définir ou de catégoriser les futures structures de diffusion en fonction des types de services acheminés. Il faut donc de nouvelles définitions en rapport avec les préoccupations réglementaires.

Il est nécessaire de définir une date limite harmonisée au niveau européen pour l'abandon du système analogique de transmission télévisuelle. En ce qui concerne la télévision numérique et les différents services numériques offerts au public par des techniques de radiodiffusion, il est essentiel de définir clairement les grandes orientations des pouvoirs publics quant aux processus de migration.

Le succès de la télévision et de la radio numérique exige avant tout que le public soit informé des facilités et des avantages offerts par les nouveaux services numériques, notamment les améliorations techniques, ainsi que les programmes et services supplémentaires. Le public doit connaître les possibilités de nouveaux services offertes par la radiodiffusion numérique et par l'électronique de grande consommation. De plus, il convient de développer au maximum l'accès géographique aux services numériques et les nouveaux services doivent être mis à disposition dans les plus brefs délais.

Il y a lieu d'encourager la normalisation et le libre accès à tous les services publics de la société de l'information. Ces mesures favoriseront et accéléreront la mise en œuvre et le succès de la radiodiffusion numérique comme des nouveaux services de diffusion de données. La durée de vie des produits de grande consommation est normalement comprise entre 5 et 10 ans, et dans certains cas davantage; cette caractéristique exige des systèmes qu'ils soient stables, librement accessibles et susceptibles d'être améliorés. La seule façon de garantir la conformité à ces exigences réside dans l'observation de normes communes et largement acceptées, conjointement approuvées par les différents intervenants sur le marché.

6.3 Communication de la Commission européenne sur le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique

Le 17 septembre 2003, la Commission européenne a publié une communication qu'elle a adressée au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social et au Comité des régions, sur la transition de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique (du passage au numérique à l'abandon de l'analogique) COM(2003)992.

Le résumé de cette communication est reproduit ci-après:

Le «**passage au numérique**», c'est-à-dire le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique, est un processus complexe ayant des incidences sociales et économiques qui vont bien au-delà de la migration technique pure. Le développement de la radiodiffusion numérique est positif car elle améliore la portée et la qualité des services, notamment grâce à la compression numérique. Cela entraîne une augmentation de l'efficacité spectrale et des charges utiles des réseaux.

La Communication porte sur le processus de transition, l'accent étant mis sur les politiques des Etats Membres en matière de passage à la télévision numérique. D'après le Plan d'action *eEurope 2005*, les Etats Membres devaient publier avant décembre 2003 leurs intentions relatives à un éventuel passage (voir § 6.4). Le type de renseignements qu'ils pourraient donner est suggéré dans la Communication.

Le passage au numérique, qui est un défi industriel énorme, doit être guidé par les mécanismes du marché et la demande des consommateurs. La liberté et les mesures d'encouragement en matière commerciale ont un rôle important à jouer à cette fin. Par ailleurs, il est indispensable d'informer les consommateurs de façon qu'ils sachent quand procéder à la migration et quelles sont les options. Ce devrait être un processus guidé par le marché, et pas un simple changement d'infrastructure sans valeur ajoutée pour les citoyens. Le succès de la transition passe par une action coordonnée des différents acteurs: radiodiffuseurs, équipementiers, détaillants, pouvoirs publics, etc.

Les interventions politiques des Etats Membres devraient être transparentes, justifiées, proportionnées et opportunes pour limiter les risques de distorsion du marché. Elles devraient obéir à des objectifs politiques clairement définis et précis et tenir compte des difficultés du marché. Cela suppose une analyse d'impact soigneuse ainsi qu'un suivi de la mise en œuvre des orientations politiques et de l'évolution du marché. Essayer de forcer la transition contre les intérêts de l'industrie et des usagers risque d'aboutir à des résultats non durables.

Les interventions politiques des Etats Membres devraient également être non discriminatoires et technologiquement neutres. Les éventuelles différences de traitement des acteurs commerciaux doivent être justifiées. Le passage à la télévision numérique devrait être un processus d'ensemble, englobant divers réseaux, modèles commerciaux et services, y compris des programmes de télévision en clair, une meilleure qualité d'image ou des services de données et interactifs. L'abandon de l'analogique ne devrait être effectif que lorsque la radiodiffusion numérique aura atteint un taux de pénétration quasi universel, en tenant compte de toutes les possibilités ci-dessus, pour réduire les coûts sociaux au minimum.

Une intervention politique devrait avoir lieu au niveau national d'abord, compte tenu des différences commerciales et politiques entre les Etats Membres dans le domaine de la radiodiffusion. Toutefois, l'UE a aussi un rôle à jouer, en particulier en raison des aspects liés aux marchés intérieurs. Les contributions possibles de l'UE concernent notamment: l'étalonnage des performances, les normes d'équipement, l'information des consommateurs, l'accès facilité et encouragé aux services à valeur ajoutée. Il est également proposé dans la Communication de lancer un débat sur les aspects spectre du passage au numérique dans le contexte du nouveau cadre politique de la Communauté en matière de gestion du spectre. Au cours de ce débat, il serait question des moyens possibles d'arriver à une plus grande transparence au sujet de la valeur économique des bandes de fréquences attribuées aux services de radiodiffusion de Terre. L'objectif ultime est de favoriser une utilisation efficace et souple du spectre tout en préservant la mission de service de la radiodiffusion.

Il n'est pas envisagé de proposer une date commune pour l'abandon de l'analogique ou pour l'interdiction à la vente des récepteurs analogiques au niveau de l'UE. Toutefois, un contrôle continuera d'être exercé sur les marchés et politiques nationaux de radiodiffusion.

Les conclusions de la communication sont les suivantes:

Le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique est un processus complexe, lourd de conséquences. Les expériences seront très différentes selon le contexte national, compte tenu des situations de départ des Etats Membres. L'UE contrôlera les politiques nationales de transition, tout en vérifiant leur compatibilité avec le droit communautaire, et continuera de soutenir l'évolution de la radiodiffusion numérique.

L'intervention politique peut faciliter le processus de passage dans certaines conditions, en contribuant à atteindre des objectifs d'intérêt général. Les autorités nationales ont un rôle majeur à jouer à cet égard et la Communication en question leur donne quelques lignes directrices. Il s'agit de recommandations générales inspirées par le droit et la politique communautaires et par les résultats d'études externes faites pour le compte de la Commission. Ainsi, le passage au numérique doit-il être guidé par les mécanismes du marché et la demande des consommateurs, la transparence politique et la non-discrimination entre opérateurs. Proportionalité et neutralité technologique devraient caractériser les mesures prises par les pouvoirs publics au niveau national.

Le passage au numérique a aussi une dimension liée au marché intérieur et l'Union peut jouer un rôle dans ce sens. Plusieurs actions de suivi sont identifiées au niveau de l'UE, concernant en particulier:

La transparence et le contrôle: les Etats Membres fourniront des informations concernant le passage au numérique dans le cadre du Plan d'action *eEurope* et du rapport annuel sur la mise en œuvre de l'ensemble de réglementations sur les communications électroniques. La Commission va analyser ces informations et rendre compte aux institutions auxquelles la Communication est adressée.

Information du consommateur sur les équipements numériques et le passage au numérique: la Commission va étudier, avec les parties prenantes compétentes, la possibilité d'une action coordonnée dans ce domaine.

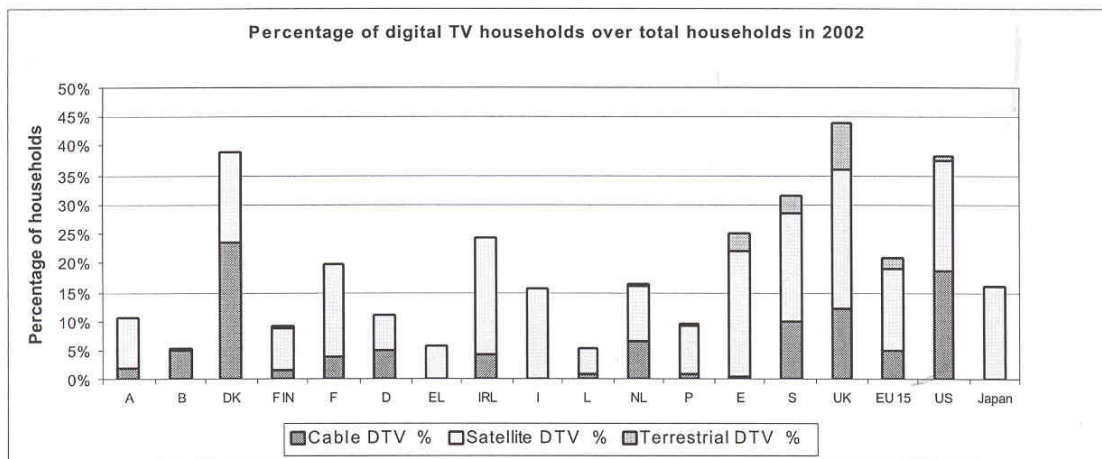
Spectre: La Commission va proposer aux Etats Membres d'examiner les aspects spectre du passage au numérique dans le cadre de la nouvelle politique communautaire en matière de spectre.

La Communication est la première tentative détaillée d'évaluer les questions posées par le passage au numérique. La Commission va continuer à suivre l'évolution des marchés et des politiques nationales en matière de radiodiffusion numérique. Elle va revoir, le cas échéant, divers problèmes liés au processus de passage au numérique, afin de faciliter les choses pour les Etats Membres et les acteurs commerciaux et d'assurer la compatibilité des mesures nationales avec le droit et la politique communautaires.

DIGITAL TV MARKET IN THE EU (estimates for 2002)

(in millions and in percentage of national households)

	Total HH	Total Digital TV HH		Cable DTV		Satellite DTV		Terrestrial DTV	
		TV HH	%	TV HH	%	TV HH	%	TV HH	%
Austria	3.3	0.36	10.7%	0.07	2.1%	0.29	8.7%	0.00	0.0%
Belgium	4.3	0.23	5.2%	0.22	5.0%	0.01	0.2%	0.00	0.0%
Denmark	2.4	0.92	38.9%	0.55	23.6%	0.36	15.3%	0.00	0.0%
Finland	2.3	0.22	9.4%	0.04	1.6%	0.17	7.3%	0.01	0.5%
France	25.1	4.97	19.8%	0.95	3.8%	4.02	16.0%	0.01	0.0%
Germany	37.9	4.14	10.9%	1.94	5.1%	2.21	5.8%	0.00	0.0%
Greece	3.6	0.22	6.0%	0.00	0.0%	0.22	6.0%	0.00	0.0%
Ireland	1.3	0.32	24.4%	0.06	4.4%	0.26	20.0%	0.00	0.0%
Italy	20.1	3.13	15.6%	0.02	0.1%	3.11	15.4%	0.00	0.0%
Luxembourg	0.2	0.01	5.3%	0.00	1.0%	0.01	4.2%	0.00	0.0%
Netherlands	7.1	1.16	16.5%	0.45	6.4%	0.69	9.8%	0.02	0.3%
Portugal	3.6	0.34	9.6%	0.04	1.1%	0.29	8.0%	0.02	0.5%
Spain	12.8	3.21	25.1%	0.05	0.4%	2.78	21.8%	0.38	3.0%
Sweden	4.6	1.44	31.6%	0.46	10.0%	0.84	18.4%	0.15	3.2%
UK	26.3	11.51	43.8%	3.23	12.3%	6.22	23.7%	2.06	7.8%
TOTAL EU	154.73	32.2	20.8%	8.1	5.2%	21.5	13.9%	2.6	1.7%
US	118	44.95	38.1%	21.8	18.5%	22.55	19.1%	0.6	0.5%
Japan	41.9	6.7	16.0%	0	0.0%	6.7	16.0%	0	0.0%



Source: Eighth Report on the Implementation of the Telecommunications Regulatory Package [COM(2002) 695 final], annex 2 ('regulatory data'), section 11 ('digital television') available at http://europa.eu.int/information_society/topics/telecoms/implementation/annual_report/8threport/index_en.htm and Strategy Analytics, "Interactive Digital TV market forecast data", October 2002.

6.4 Plan d'action eEurope 2005

L'initiative eEurope a d'abord été proposée par la DG INFSO (Direction générale «société de l'information») fin 1999 et entérinée par le Conseil européen à Feira en juin 2000. Le principal objectif du Plan eEurope est ambitieux: mettre en ligne chaque citoyen, chaque école et chaque entreprise et exploiter le potentiel de croissance, d'emplois et d'inclusion de la nouvelle économie. Le premier Plan d'action eEurope, 2000-2002, avait trois buts: un internet moins cher, plus rapide et plus sûr; investir dans les hommes et compétences; stimuler l'utilisation de l'internet. Il comprenait 64 objectifs et presque tous étaient atteints fin 2002.

La deuxième étape est le **Plan d'action eEurope 2005**, entériné par le Conseil européen à Séville en 2002. L'objectif de ce Plan d'action est de doter l'Europe de services publics en ligne modernes (par gouvernement électronique, téléapprentissage, télésanté) et d'un environnement dynamique pour les affaires électroniques. Pour ce faire, il faut un accès large bande à des prix concurrentiels, abondamment disponible et une infrastructure d'information sécurisée.

Objectifs du Plan d'action eEurope 2005

L'objectif du nouveau Plan d'action est de créer un environnement favorable à l'investissement privé et à la création d'emplois, de stimuler la productivité, de moderniser les services publics et de donner à chacun la possibilité de participer à la société mondiale de l'information. eEurope 2005 vise à stimuler le développement de services, d'applications et de contenus sécurisés, exploitant une infrastructure à large bande abondamment disponible.

Les défis du Plan eEurope 2005

La société de l'information possède un énorme potentiel inexploité d'amélioration de la productivité et de la qualité de vie. Ce potentiel croît grâce aux progrès technologiques du large bande et de l'accès multi-plateforme, c'est-à-dire la possibilité de se connecter à l'internet par d'autres moyens que le PC, notamment la télévision numérique et les systèmes de communications mobiles de 3ème génération. Ces évolutions ouvrent des possibilités économiques et sociales considérables. De nouveaux services, applications et contenus vont créer de nouveaux marchés et donner les moyens d'accroître la productivité et donc la croissance et l'emploi dans l'ensemble de l'économie. Ils vont aussi procurer aux particuliers un accès plus pratique aux outils d'information et de communication.

Les buts du Plan eEurope 2005

eEurope 2005 prévoit plusieurs mesures afin de s'attaquer simultanément aux deux aspects du problème. Du côté de la demande, des actions dans le domaine du gouvernement électronique, de la télésanté, du téléapprentissage électronique et des affaires électroniques sont conçues pour stimuler le développement de nouveaux services. Outre l'offre de services de meilleure qualité et moins chers à la population, les pouvoirs publics peuvent faire usage de leur pouvoir d'achat pour regrouper la demande et susciter ainsi un élan déterminant en faveur de la mise en place de nouveaux réseaux. Du côté de l'offre, les actions en matière du large bande et de la sécurité devraient faire progresser le déploiement des infrastructures.

Mesures prises au titre du Plan d'action eEurope 2005

Le Plan d'action eEurope 2005 repose sur deux groupes de mesures qui se renforcent mutuellement. D'une part, il vise à stimuler les services, les applications et les contenus, couvrant à la fois les services publics en ligne et les affaires électroniques. D'autre part, il s'attaque au problème des infrastructures à large bande sous-jacentes et aux questions de sécurité (voir http://europa.eu.int/information_society/eeurope/index_en.htm).

6.5 Mise en œuvre de la DVB-T en Europe

Actuellement, l'expérience de l'implantation de la télévision numérique de Terre (TNT) en Europe concerne 6 pays, par ordre chronologique, qui ont ouvert la voie à la TNT avec différents résultats:

- **Grande-Bretagne**

Le pionnier est la Grande-Bretagne, qui a lancé dès novembre 1998 la TNT, rebaptisée ITV en 1999, par l'intermédiaire de l'opérateur Ondigital. Sa politique commerciale de décodeur gratuit lui a permis d'obtenir 1,3 million d'abonnements en trois ans. En raison de la concurrence des bouquets numériques par satellite proposés par certains opérateurs ainsi que de son endettement, ITV a vu son taux d'abonnement baisser de 23% et a dû cesser son activité. A partir de juillet 2002, cet opérateur a été repris par un consortium regroupant un opérateur de télévision par satellite, la radiotélévision publique BBC et un équipementier. Actuellement, ce service est le seul fournisseur de TNT en Grande-Bretagne avec 30 chaînes de télévision et 20 fréquences hertziennes. Ce bouquet est disponible dans 3 foyers britanniques sur 4 et est regardé par 12,2% des foyers.

Dans le cadre de la forte concurrence dans le domaine de la télévision, un groupe de télévision par satellite a émis l'intention de lancer fin 2004 un bouquet numérique gratuit donnant accès à 116 chaînes de télévision (81 fréquences radio). Si ce bouquet est accessible gratuitement (sans abonnement mensuel), un investissement sera nécessaire pour acquérir l'équipement de réception. Le marché estimé pour ce type de service est celui des abonnés non desservis par la TNT (de l'ordre de 27%).

- **Suède**

Dès 1999, la Suède a lancé la TNT avec trois multiplexes; l'offre de lancement était essentiellement gratuite. Ce service s'est heurté à la concurrence de la télévision par câble dont le taux de pénétration dépasse 60%. Après 4 ans d'exploitation, seuls 2% des foyers suédois (de l'ordre de 200 000) ont acquis un décodeur. Après examen de la situation financière de la chaîne publique, le gouvernement suédois a prévu de verser des subventions pour réduire le prix de vente des décodeurs.

- **Espagne**

L'Espagne a été le troisième pays d'Europe à offrir un service TNT: un bouquet commercial a été lancé en mai 2000 et a déposé son bilan en avril 2002. Les fréquences disponibles seront redistribuées par le Gouvernement (moins de 20 000 téléviseurs sur 26 millions sont adaptés pour recevoir des émissions numériques).

- **Finlande**

La TNT a été lancée en août 2001: quelque 321 000 foyers sur 2,4 millions ont acquis un décodeur numérique.

- **Allemagne**

La TNT a été officiellement lancée le 1^{er} novembre 2002. Fin 2003, dans le land Berlin-Brandebourg, environ 6 millions de personnes pouvaient recevoir 26 chaînes numériques. Ce succès est imputable en partie au Gouvernement qui a décrété la gratuité totale du service et qui a mis à la disposition des foyers les plus démunis des décodeurs gratuits.

Voir Section 6.8

- **Italie**

Officiellement lancée en 2003, la TNT, opérateur privé, compte en mai 2003 près de 300 000 abonnés et couvre 50 à 60% du territoire national. Le Gouvernement italien prévoit la fin de la transition analogique-numérique pour 2006.

Note concernant la France

Le Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA), régulateur français pour les fréquences en radiotélédiffusion, a décidé en juin 2004 le lancement de la TNT:

- le 1^{er} mars 2005 pour les chaînes gratuites:
 - 7 chaînes hertziennes existantes en analogique → numérique
 - 4 nouvelles chaînes
 - 3 chaînes par câble existantes

soit un total de 14 chaînes.

- Le 1^{er} septembre 2005 pour les chaînes payantes soit 15 chaînes déjà disponibles sur le câble, le satellite ou l'ADSL.

Dès le début 2005, les chaînes gratuites couvriront environ 35% de la population française et le CSA espère qu'en septembre 2005, 50% de la population sera desservie, date à laquelle les chaînes payantes feront leur entrée sur la TNT.

6.6 Etude de cas: Brésil

Planification du canal de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre.

6.6.1 Introduction

Ce chapitre présente les travaux réalisés par l'Agence nationale des télécommunications (*Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel*) qui a entrepris la planification des canaux en vue de l'introduction de la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre (DTTB). Le texte réunit cinq contributions (2/093, 2/095, 2/185, 2/233 et 2/293), soumises par l'Administration brésilienne au Groupe du Rapporteur pour la Question 11-1/2 qui s'est réuni le 8 septembre 2003, le 31 mai 2004, le 12 septembre 2004 et le 13 septembre 2005, à chaque fois à Genève. La réunion du Groupe du Rapporteur du 8 septembre 2003 «a proposé que la contribution du Brésil soit décrite sur le site web de l'UIT en tant qu'étude de cas sur l'introduction de la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre» (2/REP/012). Cette proposition a été approuvée lors de la session plénière de la Commission d'études 2 le 11 septembre 2003. Suite à ces décisions, ce chapitre présente la méthode suivie, les résultats obtenus et les travaux réalisés par Anatel concernant la planification des canaux DTTB. Il importe de signaler au départ que le système national de planification des canaux n'est pas particulier à la norme DTTB, puisqu'il conserve les spécificités de chacune des normes DTTB existantes.

6.6.2 Méthode utilisée pour la planification des canaux de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre et résultats

Ce chapitre se rapporte à la méthode utilisée par le Brésil pour élaborer sa planification des canaux en vue du déploiement dans le pays, de la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre, et présente les résultats obtenus. La méthode ne dépend pas de la norme DTTB qui sera adoptée en définitive. Un groupe de travail coordonné par Anatel a mis au point la planification des canaux de télévision numérique par voie hertzienne de Terre depuis 1999. La Fondation pour la recherche et le développement des télécommunications (*Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações – CPqD*), ainsi que des représentants des réseaux de télévision brésiliens lui fournissent un appui technique.

6.6.2.1 Dispositions prises pour la planification des canaux de télévision numérique de Terre

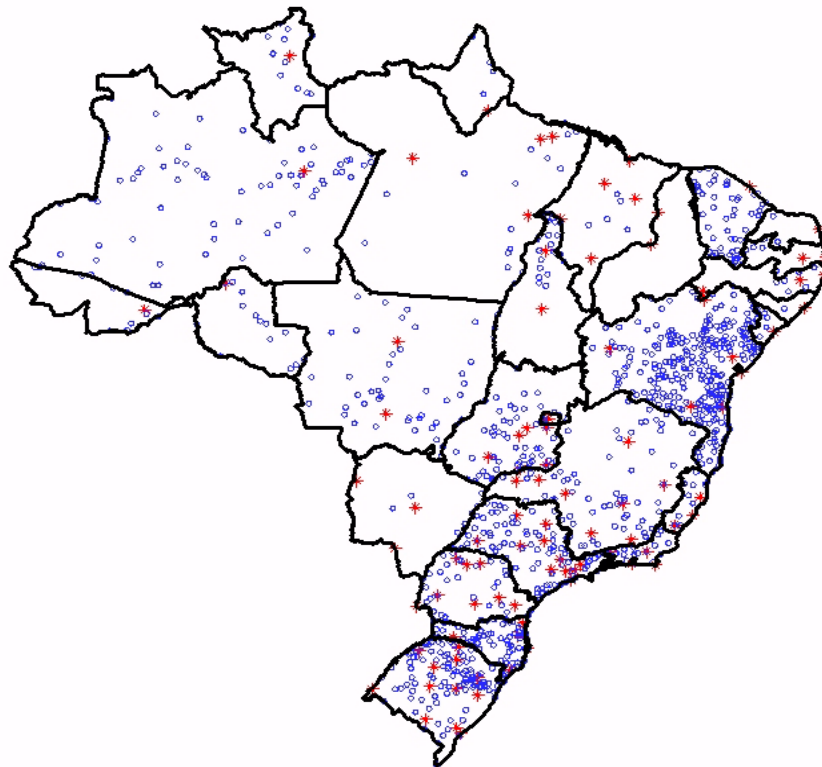
Il importe de signaler la grande diversité des réseaux de télévision au Brésil. Il s'agit de réseaux régionaux ou de réseaux nationaux, ou encore de réseaux nationaux englobant des réseaux nationaux ou éventuellement de stations émettrices pleine puissance indépendantes ayant une couverture strictement locale. La Figure 1 indique la répartition des stations émettrices (étoiles) et des stations relais (cercles) de réseaux brésiliens caractérisés par des installations émettrices réparties et par une pénétration nationale.

La préparation du Plan de base pour la radiodiffusion DTTB a commencé en septembre 1999. Depuis lors, des dispositions précises ont été élaborées et dûment prises en considération, à savoir:

- La radiodiffusion télévisuelle analogique existante sera remplacée par la télévision numérique transmise dans les bandes métriques (7 à 13) et décimétriques (14 à 59).
- La planification vise essentiellement à garantir que les nouvelles stations de télévision numérique auront des zones de service semblables à celles des stations analogiques existantes.
- Au cours de l'étape initiale appelée «phase de transition», les canaux analogiques et numériques fonctionneront en diffusion simultanée.
- La planification de la télévision numérique doit se dérouler en deux étapes: la «phase 1» sera limitée aux villes dans lesquelles des stations émettrices de pleine puissance sont en activité, tandis que la «phase 2» sera étendue ultérieurement aux villes couvertes uniquement par des stations relais, ainsi qu'aux zones d'ombre.

En raison de l'élaboration du Plan de base de distribution par le canal numérique de télévision (PBTVD), qui continuera à utiliser la bande de fréquences actuellement attribuée aux émissions analogiques, Anatel a suspendu depuis octobre 1999 l'attribution de nouveaux canaux analogiques et toutes les nouvelles modifications des caractéristiques techniques des canaux existants dans les régions du Brésil caractérisées par un fort encombrement du spectre. Depuis février 2002, cette politique a été étendue aux autres régions.

Figure 1 (Etude de cas Brésil) – Réseau à émetteurs répartis et pénétration nationale



6.6.2.2 Phases de planification des canaux de télévision numérique

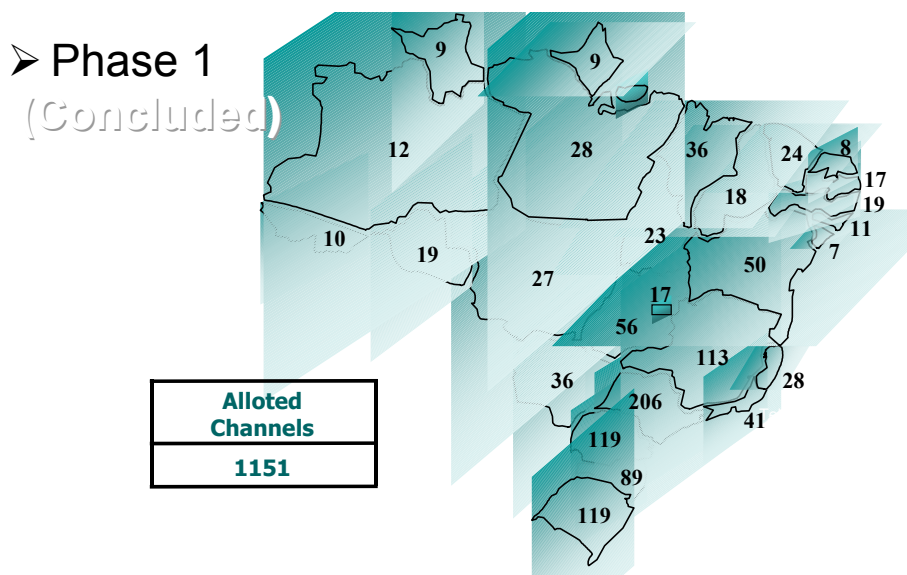
Ces études de planification ont distingué deux phases. La première a été marquée par la disponibilité d'un nombre de canaux numériques identique à celui des canaux analogiques en service pour la télévision et pour les stations relais fonctionnant dans toutes les municipalités avec au moins un service opérationnel de réseau de télévision.

La deuxième phase correspond à la disponibilité d'un nombre de canaux numériques identique à celui des canaux analogiques en service dans les municipalités dont la population dépasse 100 000 habitants, desservies uniquement par des stations relais. Cette phase comporte également un bilan de la première phase, de façon à répondre à la demande dans toutes les municipalités auxquelles des autorisations ont été accordées pour installer des nouveaux réseaux de télévision, après le début de la première phase.

6.6.2.3 Résultats de la planification des canaux

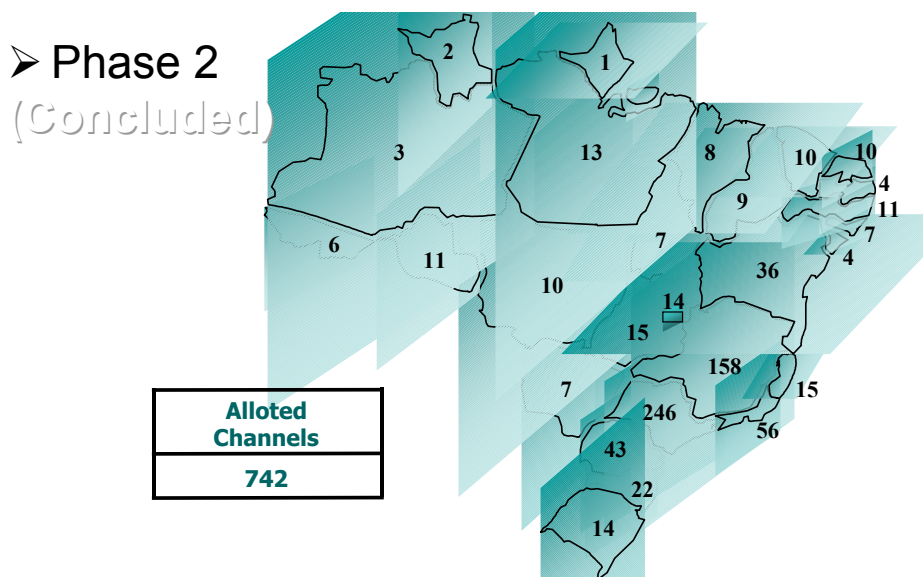
La première phase, terminée en septembre 2002, a permis de disposer de 1 151 canaux numériques dans 164 municipalités, comme indiqué à la Figure 2.

Figure 2 (Etude de cas Brésil) – Canaux numériques disponibles – Phase 1



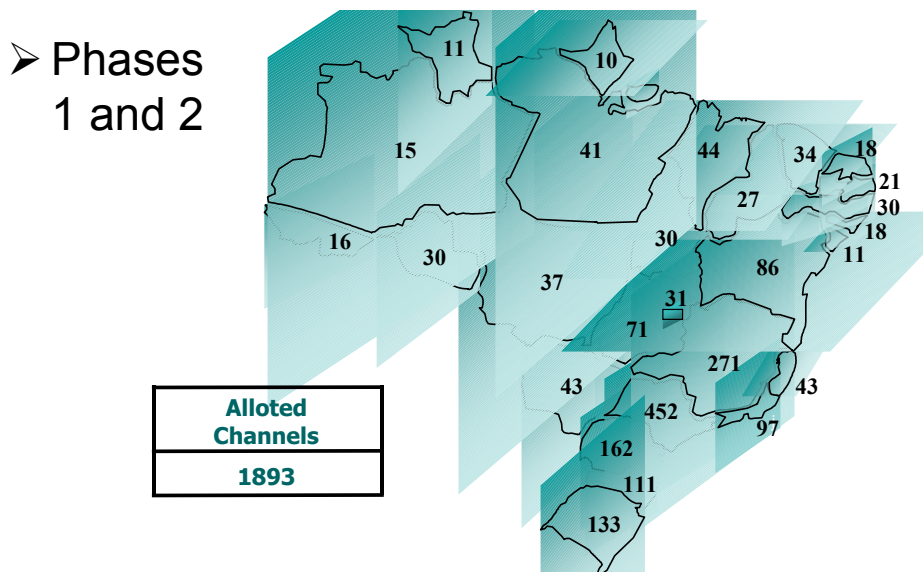
La deuxième phase, terminée en mars 2003, a comporté de nouvelles attributions de 742 canaux numériques dans 132 municipalités, comme indiqué à la Figure 3.

Figure 3 (Etude de cas Brésil) – Canaux numériques disponibles – Phase 2



Une fois les deux phases terminées, l'introduction de la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre (DTTB) au Brésil disposait en tout de 1 893 canaux.

Figure 4 (Etude de cas Brésil) – Résultats obtenus à ce jour. Canaux numériques – Phases 1 et 2



6.6.2.4 Travaux actuellement consacrés au Plan de distribution PBTVD

Le Plan de distribution PBTVD vise essentiellement à garantir que les zones de service des stations de télévision numérique sont semblables à celles des stations analogiques. Le Plan PBTVD porte sur 296 municipalités brésiliennes dotées d'au moins une station de télévision ou, dans le cas des municipalités dont la population dépasse 100 000 habitants, d'au moins une station relais en service (pour une population globale d'environ 110 millions d'habitants). Seuls les canaux analogiques en service ont été pris en compte pour la planification des canaux. Ainsi, 1 893 canaux ont été mis à disposition pour l'introduction de la radiodiffusion télévisuelle numérique par voie hertzienne de Terre.

Toutefois, eu égard à la grande complexité de la planification des canaux, Anatel a publié la Consultation publique 486/2003 le 19 décembre 2003⁵ afin d'élargir le débat sur cette question. Après avoir fixé au 8 mars 2004 la date limite de présentation des commentaires relatifs à cette Consultation, Anatel a reçu 38 soumissions publiées sur son site web⁶ et poursuit actuellement leur analyse dont les conclusions seront bientôt publiées.

⁵ Les textes de la Consultation publique sont disponible sur le site <http://sistemas.anatel.gov.br/SACP/Contribuicoes/TextoConsulta.asp?CodProcesso=C487&Tipo=1&Opcao=realizadas>

⁶ Les commentaires sont disponibles sur le site: <http://sistemas.anatel.gov.br/SACP/Relatorios/Relatorio1.rpt?rf=1&user0=AcessoLivre&password0=&promptex-@pCodProcesso=C487&promptex-@pCodTipoProcesso=1&promptex-@pTipoRelatorio=1&prompt0=C487>

Au moment de l'annonce de la Consultation publique, Anatel a également communiqué sur son site web un rapport technique établi par la Fondation CPqD⁷. Ce rapport présente les dispositions retenues, les aspects techniques et d'autres éléments importants qui ont été pris en considération dans l'élaboration du Plan de distribution PBTVD.

De plus, afin de normaliser les méthodes employées et de définir les paramètres permettant de déterminer la faisabilité technique des canaux analogiques et numériques, dans le cadre du Plan de distribution PBTVD, l'Agence a publié la Consultation publique 502/2003 le 16 février 2004, qui tient compte du rapport technique de la Fondation DPqD. Cette Consultation publique vise à créer une nouvelle section de l'actuel cadre réglementaire de l'Anatel, adaptée aux services de radiodiffusion télévisuelle (intitulée «*Regulamento Técnico para Prestação do Serviços Radiodifusão de Sons e Imagens e do Serviço de Retransmissão de Televisão*»), actuellement en vigueur. La date limite de présentation des commentaires a été fixée au 12 avril 2004. A l'heure actuelle, l'Agence analyse les quatre soumissions reçues.

6.6.3 Conclusion

Ce chapitre a présenté les principaux événements liés à la planification des canaux de télévision numérique au Brésil. L'assurance que les stations de télévision diffusant actuellement des programmes analogiques mettront à disposition un canal supplémentaire pour radiodiffuser les mêmes programmes sous forme numérique, est un aspect essentiel propre à garantir le succès du déploiement de la télévision numérique hertzienne de Terre au Brésil. Par conséquent, le maintien du modèle de radiodiffusion télévisuelle gratuite et librement accessible reste une exigence stricte, propre à garantir que la DTTB joue un rôle bénéfique, identique à celui de la télévision analogique actuelle au sein de la société brésilienne. Enfin, à la lumière des commentaires reçus à l'occasion des Consultations publiques 486/2003 et 502/2003, Anatel compte résoudre la question de la planification des canaux en vue de la mise en place de la radiodiffusion DTTB au Brésil dans un proche avenir.

6.7 Etude de cas: Canada – Réseau expérimental ATSC-DTV de transmission répartie

6.7.1 Résumé

Ce document présente la conception et les résultats d'un essai en conditions réelles réalisé sur un réseau expérimental ATSC-DTV de transmission répartie (DTx), constitué de trois translateurs cohérents. Ces derniers réémettent un signal hertzien reçu d'un émetteur unique de TV numérique vers un deuxième canal RF couvrant une zone cible commune située au cœur d'un centre-ville, qui se trouve également dans la zone desservie par l'émetteur unique. Cette zone de chevauchement dans un environnement urbain défavorable a été choisie en vue de tester le réseau dans les plus mauvaises conditions. Outre la méthode utilisée pour concevoir le réseau, sa qualité de réception dans la zone de couverture commune sera évaluée et comparée avec celle de l'émetteur distant unique classique.

Tous les essais en conditions réelles effectués à l'intérieur de la zone cible du réseau ont utilisé deux types de récepteurs ATSC-DTV, un nouveau prototype et un récepteur d'une génération antérieure, et deux types d'antennes de réception, une antenne directive et une antenne omnidirective. Ce dispositif a permis d'évaluer la performance du nouveau récepteur prototype dans des conditions difficiles, par comparaison à celle d'un récepteur de génération antérieure, et d'étudier l'incidence de la directivité de l'antenne réceptrice sur la qualité de réception.

6.7.2 Introduction

Utilisée pour couvrir une vaste zone de service au moyen de plusieurs émetteurs synchrones installés à différents endroits et fonctionnant tous sur le même canal de télévision, la transmission répartie (DTx) figure parmi les possibilités intéressantes offertes par les systèmes de transmission de la télévision numérique.

⁷ http://www.anatel.gov.br/Tools/frame.asp?link=/acontece_anatel/consulta/2003/consulta_486/relatorio_pbtvd.pdf

Comme cela est indiqué dans le document intitulé ATSC Recommended Practice for Design of Synchronized Multiple Transmitter Networks [1] (*pratiques recommandées de l'ATSC pour la conception des réseaux d'émetteurs multiples synchronisés*), les réseaux DTx présentent un certain nombre d'avantages par rapport à la solution de l'émetteur central unique traditionnellement retenue pour desservir une vaste zone au moyen d'émetteurs de télévision analogique. Ces avantages sont notamment les suivants:

- Uniformité accrue et intensité moyenne plus élevée du signal dans toute la zone desservie.
- Réception plus fiable à l'intérieur des bâtiments.
- Signaux plus intenses à la frontière de la zone de service, sans aggravation du brouillage des stations voisines.
- p.i.r.e. globale plus faible et/ou hauteur d'antenne réduite, d'où une intensité moindre du brouillage.

Les réseaux DTx permettent en outre de limiter le nombre des canaux nécessaires pour couvrir une vaste zone de service, et de libérer des ressources radioélectriques pour d'autres applications, (notamment, télévision interactive, radiodiffusion multimédia ou autres applications futures).

Toutefois, par rapport à ces avantages, la réalisation d'un réseau DTx exige une conception très minutieuse lorsqu'un canal DTV adjacent est en service dans la même zone de marché désignée [1]. Un obstacle plus important à l'exploitation de réseaux DTx vient du fait que, lorsque des canaux adjacents NTSC sont en service dans la même zone de marché, la réalisation du réseau serait très difficile, voire pratiquement impossible. En effet, les canaux NTSC exigent des rapports de protection nettement plus élevés par comparaison avec les réseaux de transmission DTV, dans le canal adjacent DTV. Toutefois, cet obstacle important sera levé au terme de la période de transition liée au passage de la norme NTSC à la norme DTV.

La qualité de fonctionnement des récepteurs ATSC-DTV, eu égard à la capacité de réception par trajets multiples, représente un autre enjeu important de la conception d'un réseau DTx. Des récepteurs plus performants, capables de s'adapter à des distorsions plus intenses avant et après propagation par trajets multiples (pré et post-échos), pour un large éventail de temps de propagation, autorisent une conception plus souple et plus simple des réseaux DTx. En revanche, les récepteurs dont les capacités de réception sont plus faibles imposent davantage de contraintes quant à la conception et à la réalisation des réseaux DTx.

Outre les nombreuses lignes directrices en matière de conception d'un réseau DTx et de gestion des brouillages internes et externes dans différentes situations, le document cité ci-dessus de présentation des pratiques recommandées pour la conception des réseaux émetteurs multiples synchronisés, propose trois méthodes (ou une combinaison de celles-ci) pour la réalisation d'un réseau DTx.

La première est celle du réseau d'émetteurs répartis, connue généralement sous le nom de réseau à monofréquence (SFN). Celui-ci est constitué d'un studio central qui envoie un signal dans la bande de base ou un flux de données vidéo-audio aux émetteurs SFN via des liaisons studio-émetteur (STL), par fibre optique, par faisceau hertzien, par satellite, etc. Or, la réalisation et l'exploitation de ces liaisons risquent d'être coûteuses. De plus, les émetteurs SFN ainsi configurés doivent faire l'objet de processus évolués (et assez complexes), de synchronisation en fréquence et en temps.

La deuxième méthode, connue sous le nom de réseau de translateurs répartis, met en jeu les émetteurs faisant partie du réseau monofréquence. Il s'agit de translateurs cohérents fonctionnant sur le même canal, qui transposent la fréquence d'un signal hertzien reçue d'un émetteur DTV principal vers un deuxième canal RF. Cette solution évite la mise en place de coûteuses liaisons STL. De plus, la synchronisation en fréquence et en temps pour cette configuration est sensiblement plus simple par comparaison à la première méthode. Durant le processus de translation sur le canal de sortie désigné les corrections requises peuvent également être appliquées au signal. Or, dans cette configuration, l'émetteur principal en amont des translateurs cohérents fonctionne sur un canal distinct et ne fait pas partie du réseau monofréquence. On peut considérer à ce titre qu'il s'agit d'une sorte de diversité en fréquence dans la zone de couverture commune de l'émetteur principal et du réseau monofréquence.

La troisième méthode met en œuvre un réseau de répéteurs numériques dans le même canal (DOCR, *digital on-channel repeaters*) qui peuvent différer les uns des autres quant à la façon de traiter le signal sur le trajet allant depuis leur entrée jusqu'à leur antenne de sortie. Les répéteurs DOCR faisant partie du réseau monofréquence captent leurs signaux d'entrée depuis l'émetteur principal, ce qui élimine la nécessité de liaisons STL, et émettent sur le même canal. Chaque répéteur de DOCR peut fonctionner directement aux

fréquences radioélectriques ou sur la base d'une conversion aux fréquences intermédiaires ou dans la bande de base, puis faire à nouveau l'objet d'une conversion aux fréquences utilisées dans le même canal de réception. Toutefois, pour constituer un réseau monofréquence, les sorties de tous les répéteurs doivent être synchronisées entre elles et avec l'émetteur principal des signaux reçus.

Suivant cette approche, le fonctionnement du réseau se heurte à deux facteurs limitants. Premièrement, le signal de l'émetteur principal risque de créer des distorsions de propagation par trajets multiples (prééchos) dans la zone de service commune de l'émetteur principal et des répéteurs. Pour créer des prééchos, le signal du répéteur doit être dominant dans les zones de service communes. Or, cette exigence risque d'être problématique dans le cas des récepteurs ATSC classiques, sensibles aux prééchos. Deuxièmement, suivant l'importance de la rétroaction des répéteurs DOCR émettant vers l'antenne réceptrice, la sortie des répéteurs est limitée en puissance.

Le Centre canadien de recherche sur les communications a étudié, par le biais de plusieurs essais en conditions réelles, différentes applications du fonctionnement direct des répéteurs OCR aux fréquences radioélectriques ainsi que leur performance dans différentes conditions. Les résultats de ces travaux ont été publiés [2, 3]. La présente étude s'intéresse en particulier à la deuxième configuration de réseaux de transmission répartie, au moyen de «translateurs répartis».

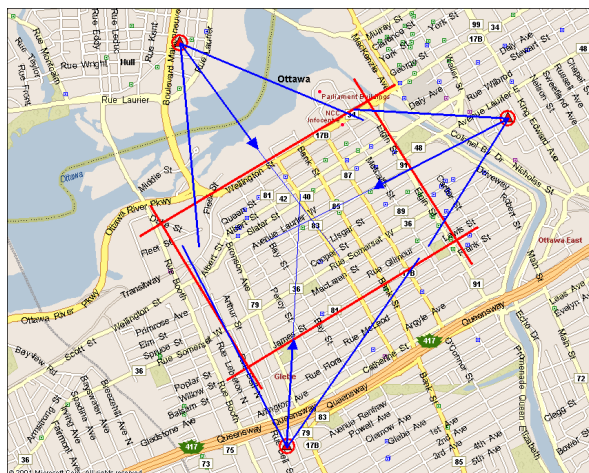
6.7.3 Configurations du système et méthode utilisées

Le réseau de transmission répartie considéré par le Centre CRC peut utiliser trois translateurs cohérents. Les translateurs recevaient leur signal d'entrée sur le canal 67 (788-794 MHz) en provenance d'un émetteur de télévision numérique de puissance moyenne, doté d'une hauteur d'antenne et d'une hauteur EHAAT de 209 m et 215,4 m, situé à environ 30 km au sud d'Ottawa. Cet émetteur numérique couvre Ottawa et ses environs, avec une p.i.r.e. moyenne de 30 kW, au moyen d'un système d'antenne omnidirectionnelle à polarisation horizontale.

Les translateurs convertissaient directement aux fréquences radioélectriques le signal reçu du canal 67 au canal 54 (710-716 MHz). Tous étaient synchronisés en fréquence, leur rythme étant ajusté de façon à ce que leurs émissions ne présentent entre elles aucun décalage temporel.

Les translateurs étaient installés au sommet de trois immeubles de grande hauteur au centre-ville d'Ottawa. Ils couvraient une zone cible rectangulaire de 1,66 km × 1,14 km, leurs puissances de sortie comprises entre 15 et 25 watts de p.i.r.e. (suffisantes pour couvrir la petite zone cible rectangulaire) étant ajustées de façon à obtenir des signaux d'intensité égale au centre de la zone cible. La Figure 1 précise l'emplacement des trois translateurs synchronisés et de la zone cible. La direction d'émission des antennes des trois translateurs, ainsi que l'ouverture de faisceau de 60 y sont également indiquées. La station principale de télévision numérique qui couvre toute la région d'Ottawa, notamment le centre-ville, où se trouve la zone cible DTx, est en dehors de la carte, dans la direction du coin inférieur droit à une distance de 25 km du centre de la zone cible.

Figure 1 (Etude de cas Canada) – Réseau à translateurs répartis desservant Ottawa. Zone cible rectangulaire de 1,6 X 1,14 km



6.7.3.1 Conditions et lieux de réception

Les conditions de réception pour ces essais ont été délibérément choisies de façon à représenter le scénario le plus défavorable envisagé pour l'étude. Une zone cible unique a été choisie pour les trois translateurs (voir Figure 1) de façon que ces derniers créent de nombreux trajets multiples artificiels (échos actifs). De plus, le canyon du centre-ville où se situait la zone cible aggravait la situation par des trajets multiples statiques et dynamiques supplémentaires imputables aux réflexions des signaux des translateurs sur les immeubles de grande hauteur et sur les véhicules en mouvement (échos passifs).

Les points de mesure étaient situés aux coins des grilles d'un réseau couvrant la zone cible. Les mesures ont porté sur 59 points en tout, espacés de 100 à 200 mètres. Elles étaient effectuées sur les trottoirs à environ 1,5 m au-dessus du niveau du sol, avec deux types d'antenne: une antenne omnidirectionnelle et une antenne directive à faible gain (du type généralement utilisé pour la réception à l'intérieur des bâtiments) avec un gain d'environ 5 dB et une ouverture de faisceau de 60°.

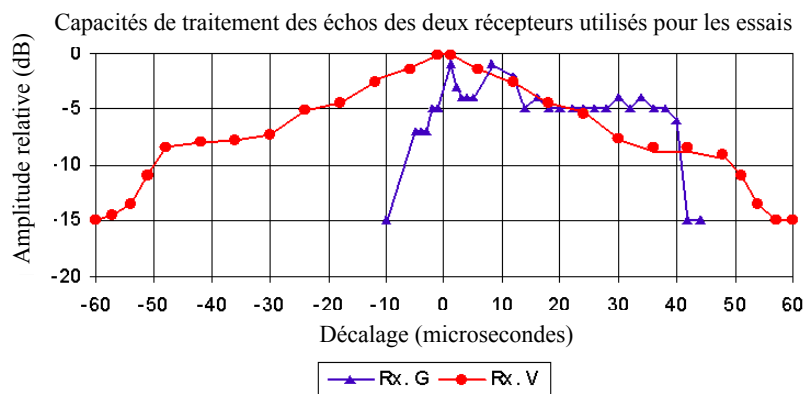
Les deux antennes ont été mises en service par connexion à un amplificateur à faible bruit caractérisé par un niveau de bruit de 1,2 dB et un gain de 20 dB, et à un filtre passe-bande installé sur le même support que les antennes.

6.7.3.2 Caractéristiques des récepteurs utilisés pour les essais

Deux types de récepteur ont été utilisés pour les essais: un nouveau prototype et un récepteur de génération antérieure. Le nouveau récepteur prototype avait la capacité de prendre en charge les pré et post-échos dans un domaine de décalage temporel beaucoup plus étendu par comparaison à l'unité plus ancienne.

La Figure 2 représente l'affaiblissement relatif d'un écho statique unique pour différents temps de propagation, correspondant au seuil de visibilité des récepteurs. Comme on peut le constater, le récepteur plus ancien (récepteur G sur la figure) pouvait fonctionner avec un écho d'environ -5 dB décalé de -3 à +40 μ s. Le récepteur de nouvelle génération (récepteur V sur la figure), en revanche, pouvait prendre en charge des pré et post-échos de 10 dB comportant des décalages plus importants allant de -50 à +50 μ s, ou de -5 dB avec des décalages de -25 à +25 μ s.

Figure 2 (Etude de cas Canada) – Performance des deux récepteurs utilisés pour les essais



6.7.4 Résultats des essais

Au cours de la première phase des essais, la faisabilité de la réalisation d'un réseau de ce type a été vérifiée.

Au cours de la phase suivante de l'étude, des mesures ont été réalisées dans 59 points à l'intérieur de la zone cible. Le Tableau 1 indique le pourcentage des emplacements dans lesquels une réception satisfaisante a été constatée.

Tableau 1 (Etude de cas Canada) – Pourcentage des emplacements de mesure où la réception était satisfaisante

	DTx (Canal 54)	
	Nouveau récepteur prototype	Récepteur ancien
Antenne de réception directive	97%	54%
Antenne de réception omnidirectionnelle	71%	19%
Émetteur principal (Canal 67)		
	Nouveau récepteur prototype	Récepteur ancien
Antenne de réception directive	93%	36%
Antenne de réception omnidirectionnelle	44%	10%

Le tableau présente les résultats relatifs à la transmission répartie (Canal 54) et pour un émetteur distant unique (Canal 67), obtenus avec le nouveau prototype et avec le récepteur plus ancien, pour des antennes directives et omnidirectionnelles. Comme on peut le constater, les résultats obtenus avec le réseau DTx sont plutôt meilleurs, dans tous les cas, que ceux obtenus avec la configuration à émetteur unique.

Toutefois, on peut comparer les résultats par type de récepteur, par antenne réceptrice ou par type de couverture. Il ressort à l'évidence que, dans tous les cas, l'utilisation du récepteur de nouvelle génération a permis d'obtenir une qualité de réception nettement supérieure à celle du récepteur plus ancien. On obtient une autre amélioration majeure en utilisant une antenne directive au lieu d'une antenne omnidirectionnelle dans le scénario DTx comme dans le scénario à émetteur unique. Cela tient sans doute à l'effet d'affaiblissement produit par l'antenne sur les signaux provenant des directions autres que celles du signal principal de nature à favoriser la propagation par trajets multiples.

Un autre résultat important susceptible d'être dégagé de ce tableau concerne le fait que le réseau DTx, par comparaison à la configuration à émetteur unique, a amélioré aussi la situation pour le récepteur de la génération antérieure et ce, dans tous les cas (bien que l'amélioration ne soit pas significative en toutes circonstances). On observe l'amélioration la plus significative en cas d'utilisation d'une antenne réceptrice directive. Dans ce cas, la transmission répartie peut augmenter le pourcentage de points où la réception est satisfaisante, de 36% (dans la configuration à émetteur unique) à 54% (pour le réseau de transmission répartie).

6.7.5 Conclusions

Cette étude a utilisé un réseau de transmission répartie (DTx), constitué de trois transmetteurs cohérents, pour couvrir des parties de la zone de service d'un émetteur unique. Au moyen de deux types de récepteur et de deux types d'antenne réceptrice, des mesures ont été effectuées dans les deux canaux, correspondant, d'une part, au réseau DTx et, d'autre part, à l'émetteur distant unique. Les conditions de réception étudiées ont été rendues très difficiles par le choix d'une zone de couverture commune, située dans un environnement de centre-ville, particulièrement difficile pour le réseau de transmission répartie, et par les mesures effectuées sur les trottoirs à 1,5 m au-dessus du sol.

D'après les résultats obtenus, le réseau DTx présente une disponibilité en réception supérieure à celle de l'émetteur unique, en particulier si une antenne réceptrice omnidirectionnelle est utilisée.

Les résultats ont en outre fait apparaître des améliorations considérables en ce qui concerne les performances d'un nouveau récepteur prototype dans le réseau monofréquence, par comparaison au récepteur de génération antérieure utilisé dans les essais. Cela tient aux capacités nettement améliorées du nouveau récepteur prototype vis-à-vis de la propagation par trajets multiples qui ont facilité la réalisation et contribué à la fiabilité d'exploitation des réseaux de transmission répartie ATSC.

L'incidence d'un degré même limité de directivité en réception de l'antenne réceptrice a constitué un autre résultat important. Ainsi, l'antenne réceptrice directive a permis d'obtenir une réception satisfaisante dans un pourcentage plus important de points de mesure par comparaison à l'antenne omnidirectionnelle.

Les essais ont également mis en évidence de meilleurs résultats du récepteur de génération antérieure dans un réseau monofréquence. Toutefois, comme il s'agissait simplement d'un récepteur de la génération immédiatement antérieure à celle du récepteur d'essai prototype, il faut réaliser de nouveaux essais pour étudier les performances des récepteurs classiques dans un environnement de transmission répartie.

6.8 Etude de cas: l'Allemagne

Passage de la télévision par voie hertzienne de Terre de la transmission analogique à la transmission numérique à Berlin-Brandebourg.

L'abandon des dernières fréquences de transmission analogique par voie hertzienne de Terre à Berlin-Potsdam le 4 août 2003 a marqué l'achèvement du premier passage, à l'échelle mondiale, de la télévision classique par voie hertzienne de Terre à la télévision numérique par voie hertzienne de Terre (TNT).

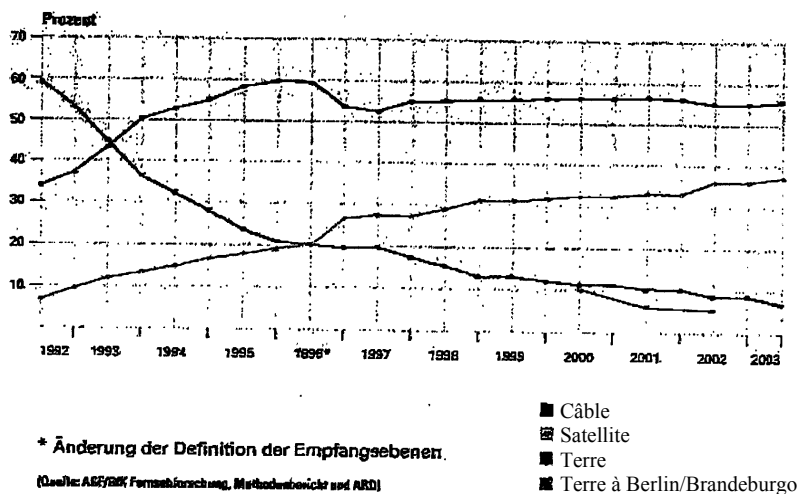
Les résultats de ce processus sont encourageants et incitent à aller de l'avant dans cette voie.

Le rapport ci-dessous présente le scénario du passage au numérique, l'expérience acquise à cette occasion et les perspectives à définir sur cette base; une documentation complète est en cours d'élaboration.

6.8.1 Scénario de départ pour le passage au numérique

Déclin de la réception de programmes de télévision de Terre

Le nombre de foyers recevant des programmes de télévision hertzienne n'a cessé de diminuer ces dernières années. Au niveau national, l'évolution peut être décrite comme suit:



Ce déclin n'a même pas pu être ralenti par le nombre, supérieur à la moyenne, de services analogiques offerts dans la zone de Berlin-Brandebourg où l'on pouvait recevoir jusqu'à 12 chaînes par voie hertzienne de Terre.

Avant le déploiement de la TNT, la réception par voie hertzienne de Terre s'effectuait comme suit:

- 160 000 foyers ne recevaient que des programmes transmis par voie hertzienne de Terre.
- 90 000 autres foyers recevaient des programmes transmis par des moyens de Terre sur un deuxième ou un troisième poste.
- Dans l'ensemble de la zone de réception, on compte 1,8 million de foyers disposant d'un téléviseur.

Projet pilote initial et autres expériences avec la TNT

- L'exploitation expérimentale de la TNT a commencé en août 1997 dans des réseaux monofréquence, dans le cadre d'un projet pilote mené conjointement par Deutsche Telekom, la mabb (autorité de réglementation de Berlin-Brandebourg) et la SFB.
- Le canal 51, N-TV, a été le premier canal sur lequel on est passé de l'analogique au numérique.
- La modulation MAQ-16 2/3 a été retenue comme technique de transmission pour la réception sur dispositifs portatifs ou en intérieur.
- L'échec de la télévision numérique à abonnement (télévision à péage) au Royaume-Uni et en Espagne montre combien il est important de commencer, pour le passage au numérique, avec une télévision non payante.

Cadre juridique pour le passage au numérique

Dans le cadre du projet de radiodiffusion numérique lancé par le Gouvernement fédéral et les Etats allemands, les programmes devraient être entièrement numériques avant 2010. Conformément aux dispositions de la loi sur les télécommunications (TKG), les fréquences attribuées à la télévision doivent être exploitées exclusivement en mode numérique à compter de 2010.

Le passage au numérique est un objectif essentiel du Plan d'action *eEurope 2005* de l'Union européenne. En Allemagne, les Etats de Berlin et de Brandebourg ont été les premiers à prendre des initiatives en vue du passage au numérique: un amendement au traité interétatique sur les médias qui régit la coopération des Etats de Berlin et de Brandebourg dans le secteur de la radiodiffusion ainsi qu'à la loi sur la radiodiffusion pour l'organisme de radiodiffusion public (ORB), a en effet facilité l'élaboration d'une législation appropriée pour le passage au numérique. A l'initiative des Etats fédéraux, le traité interétatique sur la radiodiffusion, qui régit la radiodiffusion dans tous les Etats de l'Allemagne, a lui aussi été amendé pour que tous les organismes de radiodiffusion publics puissent mettre en œuvre le changement technologique également. L'alinéa a) de la section 52 habilite les radiodiffuseurs du secteur public à abandonner progressivement la transmission analogique par voie hertzienne de Terre dans certaines conditions, de façon à pouvoir créer et allouer des capacités de transmission numérique par voie hertzienne de Terre selon un processus par étapes.

En vertu de l'alinéa a) de la section 52 du traité interétatique sur la radiodiffusion, les services de télévision qui utilisaient jusqu'à présent des capacités de transmission analogique doivent être traités en priorité lors de l'attribution des premières capacités de transmission numérique par voie hertzienne de Terre. Le traité interétatique sur les services médiatiques conclu entre Berlin et le Brandebourg impose en outre aux câblo-opérateurs de continuer, après le changement de technologie, à retransmettre les services auxquels des capacités de transmission analogiques avaient été attribués auparavant.

La section 46 du traité interétatique sur les médias régleme le rôle et la participation de la mabb dans le processus du passage au numérique et l'habilite à élaborer des statuts spéciaux régissant l'attribution des fréquences à la radiodiffusion numérique de Terre. Selon cette législation, les capacités permettant la transmission des services de radiodiffusion, des médias et des autres services peuvent être arrêtées et attribuées conjointement. L'attribution peut également se faire dans le cadre d'un contrat relevant du droit public. Le conseil des médias de la mabb a fondé sa décision le 9 juillet 2001 sur cette disposition.

Dans le Mémorandum d'accord signé le 13 février 2002:

- les organismes de radiodiffusion publics ARD, ZDF, RRB (qui a succédé à ORB et SFB en mai 2003);
- les radiodiffuseurs commerciaux du groupe RTL, ProSiebenSAT.1, Media AG;
- la mabb;

ont défini les principaux éléments du passage au numérique.

Le passage au numérique

Le passage au numérique devait se faire en trois étapes:

- Première étape, on devait passer au numérique sur au moins un canal analogique de forte puissance pour bien montrer la qualité de la télévision numérique de Terre et donner aux foyers concernés quelques orientations concernant les nouveaux récepteurs à acheter.
- Deuxième étape, les émetteurs de forte puissance devaient passer au mode numérique; les émissions en mode analogique de tous les radiodiffuseurs commerciaux au plan national cesseraient et les services du secteur public continueraient à émettre en analogique uniquement sur des fréquences basse puissance.
- Troisième étape, toutes les émissions analogiques cesseraient complètement.

Disponibilité des récepteurs

Pour pouvoir bénéficier du passage au numérique, les consommateurs devaient acheter un décodeur ou un récepteur TV intégré. On ne pouvait s'attendre à une aide provenant des services à abonnement (télévision à péage) ou à des subventions pour la fourniture de décodeurs bon marché.

Le passage au numérique était donc lié à l'obligation, pour les fabricants de récepteurs et la petite distribution, de proposer des récepteurs de base ne dépassant pas 200 EUR. Plusieurs fabricants avaient satisfait cette exigence avant le début du passage au numérique.

Par ailleurs, il fallait assurer la réception dans les bandes des ondes métriques (Bande III) et les postes devaient être plus évolués que les récepteurs de télévision numérique de Terre utilisés ailleurs.

6.8.2 Le passage au numérique en cours de réalisation

Campagne de communication

L'objectif de la campagne de communication était d'informer les foyers touchés par le passage au numérique sans qu'il y ait de conséquences négatives pour les foyers recevant la télévision par câble ou par satellite. Les foyers concernés devaient être informés des différentes étapes du passage au numérique et des conséquences de ce passage sur la réception des programmes de télévision. Il fallait également leur donner des précisions objectives sur leur futur mode de réception de la télévision. Des informations spécifiques étaient nécessaires pour la TNT mais elles n'étaient pas, alors, disponibles.

Avec le concours des diffuseurs de programmes de télévision, un concept de communication a été mis au point. Il a été mis en pratique par l'Agence «Die Brandenburg».

Les chaînes de télévision elles-mêmes ont fourni les principaux supports: des spots d'information et des bandes défilantes conçues spécifiquement pour la campagne et ciblant tous les foyers concernés de Berlin et de Brandebourg ont été largement diffusés, pendant les divers moments cruciaux du passage au numérique.

Par ailleurs, les radiodiffuseurs ont également parlé du passage au numérique dans leurs journaux locaux et dans leurs programmes d'actualité.

La mesure la plus coûteuse a été l'envoi d'une lettre à chaque foyer en février 2003, lettre qui précisait une fois de plus que seuls les foyers recevant la télévision via une antenne de toit étaient touchés par le passage au numérique.

Pour la campagne d'information dans les commerces et pour toute autre information, on a utilisé des plaquettes, des brochures ou des lettres d'information: il n'y a pas eu de coûteuse campagne de publicité ou d'affichage.

Les parties impliquées dans le processus de passage au numérique ont également coopéré étroitement avec l'association des locataires de Berlin et les associations de consommateurs au niveau local. Le comité d'évaluation de la qualité des produits (Stiftung Warentest) a très tôt testé les récepteurs et donné des informations sur les innovations.

Pendant le passage au numérique, une ligne téléphonique spéciale a été mise en place, reliant les experts travaillant pour les radiodiffuseurs, la mabb et GARV (entreprise constituée conjointement par l'autorité mabb, l'ORB et l'autorité réglementaire de Mecklembourg-Poméranie, chargée de promouvoir l'infrastructure). Elle a permis de répondre à quelque 22 000 appels et seuls 600 des problèmes exposés n'ont pu être résolus directement par téléphone.

La campagne a été doublée d'un site web internet qui avait été conçu conjointement avec Deutsche TV-Plattform (www.ueberallfernsehen.de).

Le coût de la campagne de communication a été couvert par les radiodiffuseurs et par la mabb. Il est resté bien inférieur au budget prévu de 1,2 million EUR.

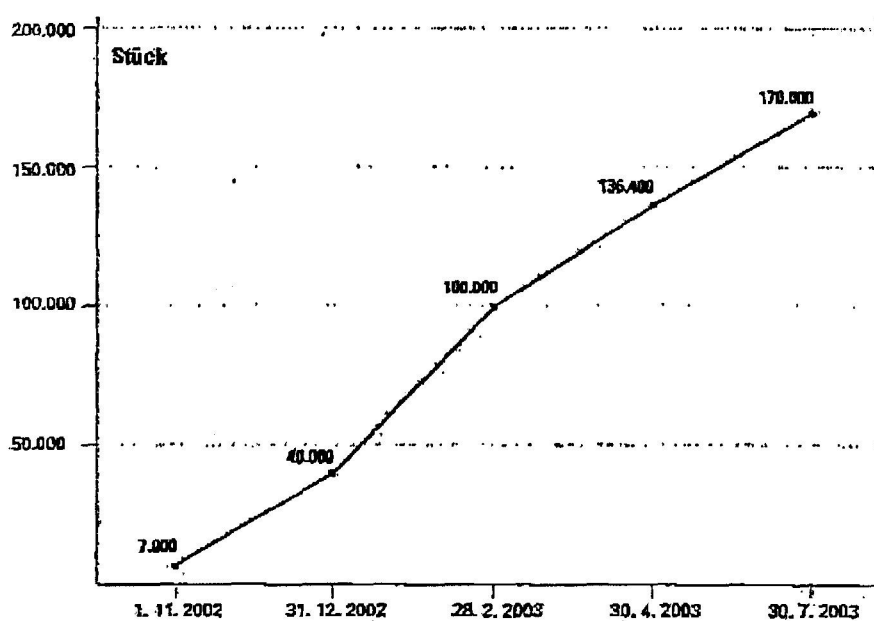
Récepteurs (décodeurs)

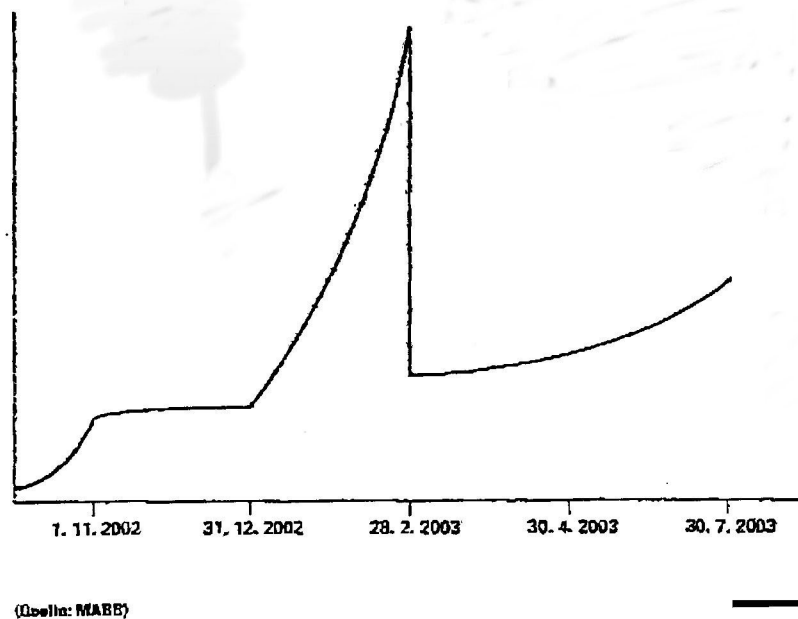
Les commerces de détail ont été informés du passage au numérique et des détails techniques associés à ce passage dans le cadre d'une série de manifestations organisées à cette fin au printemps 2002 par la Deutsche TV-Plattform (coopération entre fournisseurs de services, opérateurs de réseau, autorités de réglementation, etc.) et la Chambre de l'industrie et du commerce de Berlin/Potsdam.

La gamme des décodeurs proposée dans la grande distribution a dépassé les attentes de ce marché limité.

Le facteur clé du développement des ventes a été l'étape essentielle du processus de changement de technologie en février 2003; ensuite, les ventes sont retombées dans un premier temps mais ont repris ensuite leur progression.

Evolution des ventes





Caractère socialement acceptable du passage au numérique

De l'avis unanime des différents acteurs du passage au numérique, un problème majeur à résoudre dans ce contexte consiste à mettre ce changement également à la portée des foyers à faible revenu.

Les constructeurs de récepteurs ont participé à la réalisation de cet objectif en leur fournissant des boîtiers décodeurs en location-vente à raison de 8,50 EUR par mois pendant la phase de lancement au profit des foyers à faible revenu. Toutefois, cette offre n'a guère été utilisée.

Il a fallu trouver une solution spéciale pour les foyers ayant droit à un poste de télévision aux termes du régime de sécurité sociale allemand. Le droit à un boîtier décodeur a été déclaré en ce qui concerne les foyers tributaires de la réception par voie hertzienne de Terre. Selon un accord conclu avec les services de sécurité sociale de Berlin et du Brandebourg, l'autorité réglementaire mabb a convenu d'organiser la fourniture de boîtiers décodeurs à un tarif avantageux. Le Conseil des médias a inscrit au budget un montant maximum d'un million EUR à cet effet, à condition que les services de sécurité sociale prennent en charge 25% du coût et acceptent de procéder à la détermination des personnes admissibles à toute forme d'aide. L'aide en question a été strictement limitée à la période du passage au numérique et concernait uniquement les foyers qui recevaient auparavant les émissions de télévision uniquement par l'intermédiaire d'une antenne de toit. Les services de sécurité sociale ont également été chargés de déterminer si la réception par câble ou par satellite pouvait dans chaque cas constituer le cas échéant une option plus économique.

La fourniture et la distribution de boîtiers décodeurs ainsi que la facturation ont été organisées par Rundfunkhilfe e.V., institution mise en place par l'association des organisations indépendantes de bien-être social (Freie Wohlfahrtsverbände). Quelque 6 000 installations ont été réalisées de cette façon.

La distribution des boîtiers a fait apparaître une demande notable dans les quartiers ouest et au centre de Berlin, tandis que la demande était plus limitée dans les zones éloignées du centre et dans les villes de l'Etat de Brandebourg (voir figure indiquant la répartition).

La coordination internationale a été facilitée par la compréhension dont les autres Etats européens, en particulier la Pologne voisine, ont fait preuve en ce qui concerne le passage au numérique.

Passage au numérique pour les réseaux câblés: informations communiquées aux organismes du logement

Etant donné que les câblo-opérateurs et les opérateurs de systèmes d'antenne collective utilisent un certain segment de la chaîne de transmission analogique par voie hertzienne de Terre pour diffuser leurs programmes sur les réseaux câblés ou sur les systèmes de distribution collective, il fallait également apporter quelques changements à ce processus de diffusion. En passant à la réception par satellite et en diffusant les services numériques de Terre sur les réseaux après reconversion à l'analogique, on garantissait la continuité du service aux foyers raccordés.

Avant même le début du passage au numérique, la question avait été longuement étudiée au sein du GARV; les organismes du logement et les câblo-opérateurs avaient été informés des mesures qui seraient prises au début. Pour la première fois, des signaux numériques de télévision de Terre ont été convertis dans des réseaux câblés analogiques et les problèmes qui en ont résulté ont été analysés et réglés, pratiquement sans exception.

La plupart des câblo-opérateurs et des organismes du logement ont bien fait face à ces problèmes; les problèmes pendant le passage au numérique, qu'il s'agisse de leur nombre ou de leur ampleur, ont donc pu être limités au strict minimum.

Financement du passage au numérique

La complexité du passage de la transmission analogique à la transmission numérique d'un point de vue technique va de pair avec la complexité du financement du déploiement de la TNT: la communication et l'information figurent parmi les tâches prioritaires de l'autorité de régulation et de ses partenaires, c'est-à-dire les sociétés publiques de radiodiffusion financées par la redevance, et les radiodiffuseurs privés financés par les recettes publicitaires. L'acceptabilité du point de vue social du passage au numérique pose un problème de société dont la solution incombe à l'Etat. La reconstruction des stations émettrices relève de la responsabilité de l'autorité de régulation des télécommunications et des postes, qui sélectionne les opérateurs de réseau et leur attribue des licences dans le cadre d'un processus d'appel d'offres.

La redevance perçue par les radiodiffuseurs du secteur public est affectée dans une certaine proportion aux modifications introduites dans les techniques de transmission: le calcul des droits effectué par la commission chargée d'établir les budgets d'exploitation des radiodiffuseurs publics (KEF) tient compte explicitement de la TNT. Pour l'ensemble du territoire allemand, le réseau ARD dispose d'un budget annuel de 18,4 millions EUR, tandis que le budget de la ZDF s'élève à 9,2 millions EUR par an, qui doivent être affectés à la création de nouvelles infrastructures.

A l'inverse des radiodiffuseurs du secteur public, les radiodiffuseurs commerciaux ne peuvent compter sur ces possibilités de financement. Dans leur cas, le passage au numérique ne génère aucun revenu supplémentaire et risque même par contre de se solder par une perte de leurs parts d'audience. Toutefois, il est essentiel d'intégrer les services commerciaux à l'offre globale de prestation TNT pour inciter les consommateurs à investir dans l'acquisition d'un nouveau récepteur.

En vertu du Traité interétatique sur la radiodiffusion, les autorités de régulation sont habilitées à soutenir financièrement les mesures au profit des infrastructures techniques en faisant appel à leurs ressources budgétaires propres calculées sur la base d'un pourcentage fixe du produit de la redevance. Le passage au numérique a en fait été rendu possible suite à la restitution par les radiodiffuseurs commerciaux des licences de transmission analogique qui leur avaient été octroyées; moyennant quoi la mabb accorde une aide aux radiodiffuseurs commerciaux pour une période limitée.

La mabb accorde son aide en appliquant le critère selon lequel les radiodiffuseurs commerciaux doivent en tout état de cause prendre en charge les coûts qui leur seraient revenus si l'exploitation analogique avait été maintenue.

L'aide accordée pour un canal varie de 60 000 à 70 000 EUR par an, selon ses caractéristiques techniques.

Les deux principaux groupes commerciaux de radiodiffusion, RTL et ProSiebenSAT.1 Media AG, ont accepté d'acheminer leurs services pendant au moins cinq ans, via la technologie numérique de Terre, laps de temps constituant un critère valable de décision pour les consommateurs envisageant l'achat d'un nouveau récepteur.

La mabb contribue également au financement du changement de technique de transmission de BBC World et de FAB, radiodiffuseur privé local de télévision qui ont l'un et l'autre restitué leurs fréquences analogiques dans des conditions similaires.

Plusieurs autres radiodiffuseurs auxquels des fréquences de Terre n'avaient pas encore été attribuées ont également bénéficié d'une aide à des fins d'équité.

Attribution de capacités

Le Traité interétatique sur les médias conclu entre Berlin et le Brandebourg autorise l'attribution de capacités au moyen du règlement de la TNT publié par la mabb, afin d'intégrer les particularités de la transmission numérique et le processus de passage de l'analogique au numérique.

Les capacités à allouer aux sociétés publiques de radiodiffusion ainsi qu'aux groupes privés de télévision peuvent être attribuées en vertu des dispositions légales en vigueur en tant que multiplexes complets, à condition que deux multiplexes au moins soient à la disposition d'autres radiodiffuseurs et de nouvelles applications.

L'autorité mabb a mis en adjudication les capacités disponibles en vertu d'une décision de son conseil des médias, en date du 8 mai 2002.

D'après l'expérience recueillie à ce jour, il n'y a pas actuellement de pénurie de capacité puisque nombre de radiodiffuseurs auxquels des capacités de Terre n'avaient pas été précédemment allouées, ne sont pas à présent en mesure de financer les coûts supplémentaires liés aux transmissions numériques de Terre.

La mise en place de différentes applications a été retenue dans l'état actuel des choses, puisque celle-ci est conditionnée par les étapes suivantes du déploiement de la TNT.

L'utilisation de capacités numériques par le service Première de télévision par abonnement (télévision à péage) n'a pas encore été décidée. Un autre aspect à élucider est de savoir dans quelle mesure il faudra fournir des capacités pour de nouvelles applications et pour des combinaisons de différents services, notamment de télévision. Différentes possibilités dans ce sens, intégrant la participation de fournisseurs de service de téléphonie mobile, ont d'ores et déjà été présentées.

6.8.3 Expériences et enseignements recueillis à l'occasion du processus de passage au numérique à Berlin-Brandebourg

Le passage au numérique est intervenu au bon moment

Le lancement de la télévision numérique par voie hertzienne de Terre n'aurait pu se faire ni plus tôt étant donné que le prix des récepteurs aurait eu une incidence négative sur l'adhésion à ce processus, ni plus tard, même si la date butoir fixée pour le passage au numérique dans le projet sur la radiodiffusion numérique est 2010.

L'attraction pour le numérique diminue en proportion directe avec la baisse du nombre de foyers recevant la télévision hertzienne: plus ce nombre est faible, plus l'intérêt que les radiodiffuseurs commerciaux portent à ce mode de transmission diminue. Cela étant, sans leur participation, la diffusion d'émissions par voie hertzienne de Terre n'aurait pu continuer que si les pouvoirs publics s'étaient davantage impliqués.

L'adhésion des radiodiffuseurs et des consommateurs est un préalable essentiel au passage au numérique.

Dans tout processus de passage au numérique en effet, les différents intérêts doivent être équilibrés et modulés les uns par rapport aux autres: une offre de services, pour être attirante pour les consommateurs, doit comprendre des programmes d'organismes de radiodiffusion publics et des programmes de radiodiffuseurs commerciaux.

Sans la cessation des transmissions analogiques et la rapidité du passage au numérique, la TNT n'aurait guère été susceptible d'être acceptée des consommateurs et des radiodiffuseurs.

Seule la cessation de l'exploitation de certains émetteurs analogiques de forte puissance a permis de libérer le spectre nécessaire pour que les particuliers puissent bénéficier des deux principaux avantages de la télévision numérique par voie hertzienne de Terre, à savoir une offre de services intéressante et une réception en intérieur sur dispositif portatif, sans devoir faire appel à un système de câblodiffusion.

Pour les radiodiffuseurs, il était essentiel de cesser les émissions analogiques pour ne pas avoir à supporter les coûts qui résulteraient de la diffusion simultanée (*simulcast*) de programmes analogiques et de programmes numériques; les radiodiffuseurs commerciaux n'auraient pas été en mesure de faire face à de telles dépenses.

Les moyens financiers disponibles n'auraient pas été suffisants pour autoriser une exploitation prolongée en diffusion simultanée ou une aide accrue aux radiodiffuseurs commerciaux; de telles dépenses auraient été à l'encontre des principes de base de l'utilisation économique des moyens financiers.

Il importe de résoudre le problème clé du changement de technologie à savoir le financement des radiodiffuseurs privés tributaires des recettes publicitaires.

De point de vue des consommateurs, l'intérêt de la TNT vient notamment du fait qu'elle ne comporte aucune dépense supplémentaire, alors que pour les radiodiffuseurs commerciaux la transmission de Terre constitue un mode de transmission coûteux, puisque à l'inverse de la réception par câble, les consommateurs ne participent pas au coût de fourniture du service.

Des recettes supplémentaires ne peuvent être dégagées pour l'instant, étant donné que la TNT n'a pas encore atteint actuellement une audience susceptible d'intéresser l'industrie de la publicité.

Toutefois, les radiodiffuseurs commerciaux devraient avoir intérêt à maintenir le troisième mode de transmission puisque cette option peut leur éviter de devenir exclusivement tributaires de la distribution par câble ou par satellite, et permet par ailleurs de mettre au point de nouvelles applications sur téléphone mobile et sur antenne portative.

La TNT présente un intérêt particulier pour le consommateur et pour la création d'une infrastructure de radiodiffusion revêtant une certaine importance pour le public dans son ensemble. Il s'agit en l'occurrence de l'une des justifications de l'affectation de fonds publics à la réalisation de la télévision numérique de Terre.

Le passage au numérique se justifie par ailleurs par sa contribution à une utilisation économique du produit de la redevance.

Pour assurer la distribution de leurs services par voie hertzienne de Terre, les radiodiffuseurs publics dépensent au total 305 millions EUR par an. Toutefois, le nombre de téléspectateurs atteints par voie hertzienne ne cesse de diminuer. En vertu du traité d'Etat sur la radiodiffusion, les radiodiffuseurs publics ont la possibilité de passer à la transmission numérique, mais sont tenus de ne pas abandonner brutalement la transmission analogique. Les radiodiffuseurs commerciaux devront mener à bien le passage de la transmission analogique à la transmission numérique, conjointement avec les radiodiffuseurs privés, en suivant le même processus.

L'univers de la transmission analogique se caractérisait par la création séparée des différentes infrastructures nécessaires. Aussi, aucun principe général de financement de la transmission numérique n'a-t-il été mis au point jusqu'à présent. En fait, les radiodiffuseurs du secteur public suivent leur propre approche, tandis que les autorités de régulation participent au financement des infrastructures destinées à être utilisées par les

radiodiffuseurs commerciaux. Si l'on considère globalement la création d'infrastructure, il semblerait que la réattribution des montants affectés à la transmission analogique jusqu'à présent, pourrait suffire à financer complètement l'infrastructure numérique, à condition de renoncer au principe de la couverture générale par voie hertzienne de Terre en tout point du territoire et à la stratégie consistant à éliminer les lacunes de la transmission de Terre dans les zones rurales; la transmission par satellite a rendu cette approche obsolète depuis longtemps.

Pour les consommateurs, il est intéressant de passer au numérique.

Bien que la diffusion de programmes en analogique ait cessé, le passage au numérique a suscité moins de protestations que l'on s'y attendait.

Pour ce passage, il a été volontairement décidé de ne pas recourir à une exploitation en parallèle (*simulcast*) qui aurait signifié que la diffusion de programmes en analogique aurait cessé une fois seulement que 90% des foyers auraient reçu des programmes de télévision numérique diffusés par voie hertzienne de Terre. L'expérience le montre, un très grand nombre de téléspectateurs acceptent sans problème la cessation des programmes analogiques s'ils ont des produits de remplacement satisfaisants.

Il a été possible de faire passer l'idée selon laquelle seule la modernisation des installations permettait de mettre en place le troisième mode de transmission. L'abandon de la transmission analogique sans aucune offre compensatoire n'aurait vraisemblablement pas rencontré l'acceptation des intéressés.

La valeur ajoutée liée à la réception d'un nombre accru de services en contrepartie du paiement de la redevance, qui auparavant n'étaient pas disponibles par voie hertzienne de Terre faute de capacités de transmission (par exemple, ARTE, 3Sat, Kinderkanal, Phoenix), jointe à la meilleure qualité de réception (indépendance vis-à-vis des systèmes de télévision collective, réception en intérieur sur dispositifs portatifs) ont suffi à rallier les consommateurs à la télévision numérique par voie hertzienne de Terre. Les nombreux commentaires reçus concernant les services offerts, comme au sujet des services non disponibles (par exemple, BR 3), apportent un démenti à l'argument selon lequel les téléspectateurs recevant des programmes de télévision hertzienne se contenteraient d'un moins grand nombre de services. Bien au contraire.

Les récepteurs numériques ont été adoptés en dépit de leur coût supplémentaire, bien qu'ils présentent encore actuellement certains inconvénients par comparaison aux récepteurs analogiques (coût supplémentaire des boîtiers décodeurs, nécessité d'un boîtier par récepteur ou par magnétoscope, problèmes de passage de l'analogique au numérique posé par le système de programmation vidéo).

Les consommateurs semblent admettre le surcroît de dépense lié à la multiplication des services, soit sous la forme du niveau actuel de la redevance dans le cas de la réception par câble, ou sous celle de la dépense ponctuelle liée à la réception numérique de Terre au moyen d'une antenne parabolique ou d'un boîtier décodeur.

Développement du marché des récepteurs

Le marché des récepteurs se caractérise par le fait qu'il s'agit de récepteurs fixes, fondés essentiellement sur la technique de réception par satellite. Dans un très court laps de temps, une concurrence active est apparue, conduisant à une nette chute des prix au bénéfice du consommateur.

A Berlin, le passage au numérique a été possible uniquement du fait que la synergie entre la gamme de produits propres à la TNT a permis la commercialisation de récepteurs fixes à faible coût, et aussi parce que l'expérience acquise dans d'autres pays a pu être mise à profit dans cette région.

En période de promotion des ventes, les prix sont tombés à moins de 100 EUR par boîtier décodeur. Au cours de la période décisive, les commerces de détail ont soutenu le lancement de la TNT par des campagnes publicitaires à grande échelle.

A l'instar du lancement initial de toute technologie nouvelle, on s'attendait également à des difficultés particulières pour la TNT: le matériel n'a pu être testé qu'après avoir été commercialisé. Il n'existait pas de certificat «adapté à la TNT». La sensibilité des récepteurs ou des antennes d'intérieur, même dans des conditions de réception problématiques, n'a pu être testée qu'après l'introduction de la technologie et des

boîtiers décodeurs; selon le type de récepteur, la qualité de réception est variable. La simplicité d'exploitation varie également en fonction du logiciel utilisé, ce qui se traduit par certains problèmes au cours du processus de passage au numérique et par la nécessité de réajuster les canaux.

Il s'est avéré impossible de prévoir des initiatives communes de communication parmi les constructeurs de récepteurs; par contre, il y a eu des expériences de consultation au sein du commerce de détail.

Vu qu'un nombre important de ménages concernés par le passage au numérique n'ont pas été préparés à l'acquisition des derniers boîtiers décodeurs mis au point et avaient une expérience limitée de l'utilisation des équipements numériques, les plaintes et les problèmes sont restés remarquablement peu nombreux.

Pour la plupart des consommateurs, les services supplémentaires proposés avec un bon niveau de qualité se sont avérés satisfaisants, tandis que le guide électronique de programmation a été admis en tant qu'élément supplémentaire utile. Pour bénéficier d'autres services interactifs, il faudra une harmonisation plus poussée des spécifications des récepteurs.

Le téléchargement par voie hertzienne de nouveaux logiciels pose un autre problème. Ce service est en effet indispensable puisque tous les ménages n'ont pas accès à l'internet ou ne sont pas en mesure de télécharger des logiciels via le web.

Les réserves exprimées quant à la télévision numérique ont été vaincues à la faveur des résultats obtenus lors du passage de l'analogique au numérique à Berlin-Brandebourg. Jusqu'alors, la télévision numérique avait été associée à la télévision payante et au boîtier «d-box» en Allemagne et avait été appréciée de façon critique. Aussi, la numérisation d'autres modes de transmission pourrait très vraisemblablement profiter de cette modification d'appréciation.

La rapidité du passage au numérique a ouvert l'ensemble des ressources radioélectriques aux services numériques à un nombre accru de canaux de télévision et à différentes applications.

La numérisation offre l'occasion aux actuels utilisateurs des fréquences d'étendre l'éventail des services auxquels ils font appel.

Simultanément, l'accès aux capacités de Terre est à présent possible pour d'autres prestataires qui auparavant n'acheminaient pas leurs services de cette façon.

Hormis les services de radiodiffusion, d'autres applications, et en particulier des services interactifs, peuvent être développés.

Il en résulte une intensification de la concurrence sur cette voie de transmission.

Infrastructures concurrentes

La transmission par voie hertzienne de Terre revêt un intérêt accru et offre une alternative à la réception par câble essentiellement dans les zones densément peuplées où la réception par satellite est souvent difficile.

Les consommateurs accueillent favorablement cette possibilité qui leur permet de ne pas devenir tributaires de la seule réception par câble.

Par comparaison à la réception de Terre, le câble présente certes différents avantages en particulier le plus grand nombre de services disponibles et les applications interactives optionnelles.

De plus, même en l'absence de numérisation, le câble présente l'avantage du confort et de la simplicité d'utilisation, facteur essentiel en particulier pour les téléspectateurs âgés. Par contre, ce confort d'utilisation représente un obstacle pour le développement des nouvelles technologies de récepteur. La réception numérique par satellite et la réception numérique par voie hertzienne de Terre constitueront les éléments décisifs de la normalisation des technologies. La concurrence doit inciter les câblo-opérateurs à développer les avantages du câble, en dépit du fait que les possibilités de majoration des prix sans amélioration des performances sont devenues plus réduites.

Une gamme plus complète de produits répond aux besoins des consommateurs. Beaucoup acceptent une diminution du nombre de services de télévision, tandis que se développe l'utilisation conjointe de deux ou trois récepteurs.

Enseignements de la campagne de communication

Il a fallu beaucoup de temps et d'énergie pour mettre au point un concept de communication qui a été plus tard accepté par tous les distributeurs de programmes de télévision et par la mabb. Cela tenait essentiellement à la diversité des idées en la matière et au manque de recul.

Comme point de départ, il a été décidé que la campagne de communication ne serait pas axée sur la promotion d'un nouveau produit, par exemple un produit concurrençant la diffusion par câble, mais se concentrerait plutôt sur l'information du public concernant le changement technologique imminent qui allait toucher de nombreux foyers. Il est apparu judicieux de remplacer le concept de «télévision numérique de Terre» par celui de «télévision partout». Toutefois, cette expression s'est avérée en définitive légèrement trompeuse puisque le concept de communication implique par ailleurs une certaine participation des consommateurs consistant à assurer des conditions de réception adéquates.

Ce qui était atypique par rapport à d'autres pays, c'était le fait que dans les Etats de Berlin et de Brandebourg, il n'y avait pas d'opérateur de plate-forme, comme c'est le cas pour les réseaux câblés ou la chaîne de satellite ASTRA, ou bien encore Digitenne, qui a encouragé le nouveau mode de transmission aux Pays-Bas.

Bilan actuel du passage au numérique: la réception de Terre attire les audiences les plus jeunes

D'après l'évolution observée jusqu'à présent, la réception de Terre attire les publics les plus jeunes et se place en bonne position en ce qui concerne la réception au moyen des deuxième et troisième postes de télévision dont les foyers sont équipés. Aussi une fraction importante des ménages équipés pour la réception de Terre ont-ils continué à faire appel à ce mode de réception. Les foyers optant pour la réception par câble ont compris une fraction importante des audiences plus âgées en raison notamment du plus grand confort avéré de cette solution, mais essentiellement du fait de l'abandon de la réception de Terre par les associations de logement.

D'autre part néanmoins, la bonne qualité de réception de la TNT revêt une importance croissante en tant que solution de remplacement pour les consommateurs insatisfaits des services disponibles par l'intermédiaire du câble. Les hausses de prix dans ce contexte peuvent jouer un rôle dans ce sens, autant que le service offert par les câblo-opérateurs et le développement de la gamme de prestations disponibles par l'intermédiaire du câble.

On s'attend à ce que les études consacrées par l'ARD et la ZDF au changement de technologie permettent de dégager davantage de conclusions.

Il faudra néanmoins attendre encore 2 à 3 ans avant de pouvoir se faire une idée complète de l'intérêt potentiel de la réception de Terre pour le consommateur, d'autant plus que la réception par téléphone mobile et sur antenne portative vient tout juste de démarrer.

Expériences acquises en matière de régulation et de médiation

Le cadre de référence souple constitué par le Traité interétatique sur les médias de Berlin-Brandebourg et par la législation de la TNT a contribué au succès du processus de passage au numérique. Les dispositions réglementaires applicables au monde analogique n'auraient pas été suffisantes dans la mesure où il aurait fallu proposer aux prestataires de service utilisant les fréquences analogiques des incitations à passer de la transmission analogique à la transmission numérique. Les accords conclus sous la forme d'un contrat se sont avérés particulièrement adaptés pour répondre à cette exigence; ils peuvent en effet prendre en compte tous les problèmes de réglementation concernant l'attribution de capacités, ainsi que les mécanismes de prise en charge et les calendriers.

La mabb a démontré sa parfaite capacité à jouer un rôle de médiateur entre les différentes parties intéressées; responsable de l'attribution des capacités aux radiodiffuseurs du secteur public comme du secteur privé, cet organisme a mené à bien des études approfondies consacrées à tous les aspects de la numérisation.

La rapidité des processus décisionnels a démontré son intérêt particulier dans ce contexte: le conseil des médias de la mabb avait pris depuis longtemps une décision concernant les mesures de cofinancement en matière de communication et d'acceptabilité sociale, alors que les comités équivalents des sociétés ARD et ZDF n'ont pas pu prendre de décision en temps opportun au terme de leurs délibérations.

6.8.4 Perspectives d'avenir

Le passage au numérique est simplement le début d'une nouvelle évolution.

Au cours du processus de passage au numérique, l'objectif essentiel a consisté à amener les consommateurs à accepter le changement, même en tenant compte de certains effets négatifs annexes, notamment l'abandon des fréquences analogiques et les coûts supplémentaires liés à l'acquisition de nouveaux récepteurs.

Cet objectif a été entièrement atteint suite à la création d'une alternative intéressante en matière de réception sur antenne fixe.

Ce point de départ a en fait conditionné la définition de nouvelles applications et de nouveaux groupes cibles. L'abandon des fréquences analogiques n'aurait pas été accepté en l'absence de solutions de remplacement intéressantes.

A présent, l'objectif doit consister à promouvoir les autres avantages de la TNT, notamment la réception sur antenne portable et les applications liées à la téléphonie mobile, associées aux perfectionnements de la technique de réception numérique.

Afin de bénéficier d'un élan suffisant dans ce sens, les autres agglomérations allemandes doivent suivre l'exemple de Berlin.

Précisions concernant les étapes suivantes: mise au point, perfectionnement des récepteurs fixes et des antennes

L'amélioration des performances et l'extension du domaine de fonctionnement des boîtiers décodeurs utilisés dans le secteur de la réception par satellite présentera en outre des avantages pour la TNT, et en particulier l'utilisation des disques durs de stockage.

On peut en outre s'attendre à une amélioration de la sensibilité des récepteurs. Pour la TNT, cette amélioration résultera avant tout du perfectionnement des antennes (antennes-tiges). Les activités dans ce domaine ont jusqu'à présent été limitées faute de synergies avec le secteur de la transmission par satellite.

La technologie des antennes deviendra d'autant plus importante au fur et à mesure du développement de la réception par téléphonie mobile et sur antenne portable.

Pour garantir la disponibilité d'applications supplémentaires sur tous les récepteurs, il convient d'envisager l'homologation des récepteurs avant de poursuivre le processus de changement de technologie.

La définition de normes minimales de sensibilité de réception et de simplicité de fonctionnement, par exemple pour la syntonisation des canaux, devrait contribuer à réduire les difficultés au cours du processus de changement de technologie. Il convient en particulier d'envisager la mise au point de récepteurs susceptibles d'être également utilisés par des personnes handicapées.

Promotion des utilisations interactives par la plate-forme domestique multimédia (MHP, *multimedia home platform*)

En raison du vaste éventail de récepteurs proposé et de la création d'un marché d'acheteurs, il faudra définir une norme ouverte pour garantir l'adaptation des récepteurs aux services interactifs. La plate-forme MHP propose une norme de ce type.

Le marché de la télévision numérique de Terre ne constituera la base économique nécessaire à la création de nouveaux services que conjointement avec le marché de la transmission par satellite.

Aussi conviendrait-il évidemment de lancer la plate-forme MHP avec une technologie autorisant en outre l'application de procédures d'adressage et de facturation.

Dans ce cas également, la conclusion d'accords appropriés concernant le marché de la transmission par satellite et le marché de la TNT semblerait le meilleur moyen d'aller de l'avant.

Récepteurs portatifs

Les postes portatifs avec antennes et récepteurs intégrés sont susceptibles de faire partager le principal avantage de la TNT, à savoir la réception de la télévision au moyen d'un poste portatif et à différents endroits.

Les baisses de prix appliquées aux écrans plats, associées à la disponibilité de récepteurs intégrés, pourraient d'ores et déjà permettre de regarder la télévision dans nombre d'endroits dont elle était exclue jusqu'à présent, par exemple dans la cuisine ou à bord d'un voilier.

A moyen terme, les mesures d'audience concernant les utilisateurs de récepteurs portatifs revêtiront une importance particulière puisque la technologie utilisée jusqu'à présent est associée à des récepteurs fixes; la réception au moyen de récepteurs portatifs présentera un intérêt particulier pour les radiodiffuseurs commerciaux.

Applications utilisant la téléphonie mobile – mise au point de la TNT mobile

Sur la base de la TNT, de nouveaux processus de transmission peuvent être mis au point qui sont particulièrement adaptés à la réception sur des téléphones portables (assistants personnels et téléphones mobiles). La plus petite taille des écrans et les nouvelles techniques de compression autorisent la transmission de flux vidéo plus importants par comparaison aux flux transmis jusqu'à présent en réception fixe.

Les ressources radioélectriques désormais libérées suite au passage à la TNT permettent de tester ces nouvelles applications et de les utiliser dans des structures mixtes, associant les réseaux de communication du service mobile.

L'interconnexion avec les réseaux de communication du service mobile présente en outre des avantages au point de vue de la facturation, ouvrant ainsi des options supplémentaires de financement des voies de transmission de Terre.

Les voies de transmission de la radiodiffusion numérique permettent d'acheminer de façon économique les contenus audiovisuels, en particulier les contenus intéressants de vastes publics (par exemple diffusion en direct de matches de football). La part des droits de licence à affecter au financement des contenus est nettement supérieure par comparaison aux applications 3G qui supportent par ailleurs des coûts de transmission élevés pour les applications large bande. Cette possibilité constitue une incitation supplémentaire à la création de nouveaux contenus destinés à la transmission par le service mobile.

Perspectives nationales offertes à la TNT

L'adhésion rencontrée par le changement de technologie à Berlin-Brandebourg représente une base solide pour la poursuite de ce processus dans d'autres agglomérations allemandes.

Les problèmes de fréquence pourraient donc être résolus par ailleurs si les zones urbaines faisaient en priorité l'objet du passage à la TNT.

Dans les autres secteurs, le changement de technologie pourrait tirer profit des enseignements recueillis en matière de communications et d'acceptabilité sociale.

Dans l'état actuel des choses, il ne semblerait toutefois guère réaliste d'obtenir un consensus quant à un concept national propre à résoudre l'ensemble des problèmes liés à la transmission de Terre et à son financement.

Le changement de technologie dans les principales agglomérations urbaines en Allemagne fournira lui-même de nouvelles incitations à franchir les étapes suivantes et favorisera le développement du marché, en offrant aux consommateurs des opportunités et des choix de nature à déterminer l'évolution future.

La possibilité d'abandonner rapidement la transmission analogique, suivant l'exemple du déploiement de la TNT à Berlin-Brandebourg, conditionne la similitude des problèmes posés par la future télévision numérique et de ceux auxquels la radiodiffusion audionumérique s'est heurtée.

Evaluation des résultats obtenus dans la perspective d'autres processus de numérisation

Les enseignements tirés du changement de technologie réalisé à Berlin-Brandebourg sont susceptibles de faciliter l'identification et le cas échéant la résolution des problèmes pouvant apparaître à l'occasion d'autres processus de numérisation.

Alors que la numérisation de la transmission par satellite se poursuit sous l'effet des forces du marché, la numérisation des réseaux câblés se heurte encore à d'importants problèmes, à l'instar de la numérisation de la radiodiffusion sonore.

Le changement de technologie réalisé à Berlin-Brandebourg a démontré qu'il pourrait y avoir intérêt à s'éloigner des sentiers battus. La politique des médias doit s'inspirer de l'expérience acquise et promouvoir également la numérisation dans d'autres régions.

Il faut à présent se mesurer au défi suivant: la mise au point d'applications utilisant des récepteurs portatifs mobiles et leur association aux réseaux de communication des services mobiles.

6.9 Guinée

6.9.1 Aspects juridiques et réglementaires

Force est de reconnaître que la radiodiffusion et la télévision analogiques ne sont pas très développées dans certains pays d'Afrique comme en République de Guinée où la première radiodiffusion a été installée en 1952 et la télévision en 1977.

Le support de transmission jadis utilisé est le réseau faisceau hertzien (FH) construit en 1977.

Aujourd'hui, ce réseau exploité par le Département des postes et télécommunications et numérisé à 85% n'a pas repris l'acheminement des signaux TV et radio, à cause de la montée satellitaire privilégiée par le gouvernement. Mais nous sommes certains que le développement rapide de la radiodiffusion et de la télévision passera nécessairement par la numérisation à travers la libéralisation de l'espace audio-visuel.

Cadre juridique et réglementaire de la TNT

En République de Guinée, les outils et infrastructures pouvant permettre l'éclosion rapide de la radiodiffusion et la télévision numérique n'appartiennent pas au même secteur. En effet, une bonne partie des équipements (émetteurs radio et TV, studios) sont gérés par le Ministère de l'information, et l'autre partie (émetteurs radio à ondes courtes et ondes moyennes, ainsi que le support de transmission FH par voie terrestre) est exploitée par le ministère en charge des postes et télécommunications.

Le Gouvernement gagnerait mieux, avec l'aide des partenaires au développement, en regroupant ces moyens de communication sous la même tutelle et en attendant l'ouverture de l'espace audiovisuel.

6.9.2 Aspects techniques

Pour passer de la diffusion analogique à la TNT, deux solutions peuvent être envisagées:

- fermeture du système analogique et construction d'un réseau entièrement numérique;
- déploiement du système hybride (analogique et numérique).

La deuxième option semble être la plus favorable aux pays en développement. Dans ce cas de figure, on utilise le réseau analogique existant et on procède à des réaménagements et à la construction de quelques sites. Mais pour rendre plus opérationnel ce réseau TNT, on a besoin surtout d'une redistribution (replanification) des fréquences que la Conférence régionale de la radiodiffusion (CRR) va élaborer dans les prochains mois.

Par ailleurs, l'utilisation en cours du réseau FH par nos Etats pour l'acheminement des signaux radio et de télévision nous amène à recommander pour ces pays qui partagent la même frontière géographique, la replanification commune de leurs fréquences et à choisir le même système de télédiffusion numérique DVB-T qui reste techniquement plus flexible que les normes ATSC (A) et le RDNIS-T (C). La norme B (DVB-T) est moins onéreuse et favorable aux pays en développement pendant la période de transition. Cela permettra une consultation régionale plus poussée en vue d'harmoniser les moyens techniques destinés à l'implantation d'équipements de diffusion numérique.

6.10 Fédération de Russie

Règles stratégiques pour le passage de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique dans une région donnée (fondée sur l'expérience du lancement de la radiodiffusion vidéo numérique de Terre dans la région de Primorsky en Fédération de Russie)

La modernisation d'un réseau régional de radiodiffusion vise à actualiser le matériel de transmission du réseau de radiodiffusion télévisuelle et sonore et à étendre la gamme et le nombre des services fournis par l'opérateur de radiodiffusion aux utilisateurs, à augmenter les recettes de l'opérateur et à mettre en place une transformation par étapes de cet opérateur en un fournisseur d'un ensemble d'informations destinées à la région et contribuant à la solution de problèmes tant commerciaux que sociaux.

6.10.1 Stratégie globale d'actualisation du réseau régional de transmission télévisuelle et radiophonique et passage à la radiodiffusion numérique dans la région

En règle générale, les émetteurs analogiques utilisés dans la région présentent un degré d'usure très élevé. Ainsi, la vie utile de nombreux émetteurs est-elle d'ores et déjà achevée. Le remplacement d'équipements complètement usagés par de nouveaux équipements analogiques paraît absurde tant du point de vue technique que du point de vue économique, puisque le passage au numérique exigera une nouvelle fois le remplacement de ces nouveaux émetteurs par des émetteurs numériques et, cette fois, bien avant la fin de leur vie utile. En outre, on ne saurait imaginer comment compenser ces frais de remplacement, puisqu'en principe, la radiodiffusion analogique ne peut prendre en charge les services d'information et les produits nouveaux dont la population est prête à faire l'acquisition et qui pourraient faire bénéficier les opérateurs de radiodiffusion de recettes supplémentaires. A cet égard, il semble justifié de procéder sans tarder au passage à la radiodiffusion numérique dans la région.

Il est évident que le passage à la radiodiffusion numérique doit s'effectuer dans le cadre des arrangements de fréquence actuels, autrement dit que les programmes de télévision numérique doivent être diffusés dans les mêmes bandes de fréquence utilisées par la radiotélévision analogique. Autrement dit, le passage d'un jour à l'autre à la radiodiffusion numérique doit coïncider avec l'arrêt de la radiodiffusion analogique des mêmes programmes à l'intérieur de la zone de couverture concernée par ce changement.

Il va sans dire que le passage d'un jour à l'autre à la radiodiffusion numérique n'est pas possible sans doter la population de récepteurs numériques, c'est-à-dire de boîtiers décodeurs (STB, *set-top boxes*). Le passage à la radiodiffusion numérique ne peut s'effectuer qu'à condition que chaque abonné soit équipé d'un boîtier décodeur, car aucun groupe d'intérêt, si petit soit-il ne saurait pâtir du processus de transition. Or, la

fourniture de boîtiers décodeurs à la population ne relève pas de la responsabilité d'un opérateur de radiodiffusion. Sans détailler l'organisation de la mise à disposition de ces équipements, il convient de signaler la nécessité de résoudre ce problème par un financement local, dans le cadre d'un programme cible global, mené à bien par l'administration régionale avec l'aide des investisseurs privés. La charge financière doit être répartie entre les structures commerciales de la région, dont la très grande majorité s'intéresse aux nouveaux services multimédias évolués d'information et de communication (notamment les systèmes de commerce électronique et de banque électronique) pris en charge par la radiodiffusion numérique. Le lancement de ces services, dans le cadre d'un système d'information régional commun (dont la description figure ci-dessous) est susceptible de donner une puissante impulsion au développement économique de la région, accompagné d'une croissance du chiffre d'affaires et des revenus des structures commerciales.

Quant à la fourniture à la population de boîtiers décodeurs pour la radiodiffusion numérique, elle devrait s'effectuer en observant un calendrier harmonisé approuvé par l'administration et coordonné par les radiodiffuseurs des zones de couverture de radiodiffusion successivement concernées. Le calendrier devrait prévoir la fourniture de boîtiers décodeurs à l'ensemble et non à une partie de la population d'une première zone de couverture, puis d'une autre zone, etc. Cela garantira la possibilité de réussir le passage final à la radiodiffusion numérique dans la région. Les boîtiers décodeurs sont essentiellement des terminaux interactifs à usages multiples, capables de prendre en charge un vaste éventail de services d'information et de produits modernes interactifs, outre les fonctions liées à la radiodiffusion.

Il est évident que les émetteurs destinés à remplacer les appareils analogiques anciens complètement usagés doivent être de type hybride, c'est-à-dire capables de fonctionner aussi bien en mode de radiodiffusion analogique que numérique. Dans un premier temps, un émetteur nouvellement installé fonctionnera en mode analogique. Ensuite, lorsque 100% de la population de la zone de couverture sera équipé de boîtiers décodeurs, l'émetteur passera au numérique, une fois le modulateur DVB-T activé et le pilote remplacé (il est bon de prévoir la fourniture d'un émetteur complet muni de ces deux dispositifs). Il va sans dire que dans un premier temps l'émetteur diffusera uniquement les programmes diffusés habituellement en mode analogique vers la zone de couverture considérée. Il se pose alors le problème suivant dont l'importance est cruciale pour les zones urbaines où l'on peut recevoir plusieurs programmes dans une seule et même zone de couverture: dans chaque zone de radiodiffusion, différents programmes analogiques peuvent être reçus en provenance de différents émetteurs. Or, la radiodiffusion numérique est de type multiprogramme, ce qui signifie qu'un émetteur numérique diffusera tous les programmes diffusés auparavant par plusieurs émetteurs analogiques. Il faut donc choisir pour la zone de couverture un émetteur analogique «pilote» qu'il faudra remplacer par un équipement hybride. L'émetteur doit être relié par des lignes d'alimentation du signal MPEG-2, pour la radiodiffusion de tous les programmes de télévision dans la zone de couverture considérée. Tous les signaux doivent être assemblés dans un multiplexeur de façon à constituer un flux de transport MPEG-2 introduit dans le modulateur DVB-T. Suite au passage de l'émetteur en mode numérique, les autres peuvent alors cesser de fonctionner en mode analogique et être démantelés.

Le passage à la radiodiffusion numérique doit comporter évidemment une multiplication des programmes offerts à la population. Par conséquent, on devrait aboutir à une situation dans laquelle l'ensemble des programmes régionaux (c'est-à-dire tous les programmes reçus actuellement par au moins une partie de la population régionale) seront accessibles à tous les téléspectateurs. Naturellement, cet ensemble devrait être progressivement étendu au fil du temps en étant complété par de nouveaux programmes commerciaux (notamment des programmes payants) et par des programmes régionaux gratuits à caractère social et informatifs. A cet effet, il est indispensable de résoudre le problème posé par la construction d'un réseau régional complet de production et de distribution de programmes de télévision; autrement dit, chaque programme reçu alors dans la région via des canaux à satellite ou produits dans la région proprement dite, devrait être communiqué à chaque émetteur ou groupe d'émetteurs en service dans la région. La solution la plus adaptée au problème repose sur l'utilisation d'un câble à fibre optique, installé dans la région et desservant les principales zones de population. Les liaisons optiques, c'est-à-dire les liaisons acheminant les programmes de télévision vers les différentes zones peuplées de la région, devraient suivre le tracé existant de relais hertziens ou des systèmes multivoies de distribution multipoint (MMDS). De plus, les faisceaux hertziens doivent être actualisés de façon à pouvoir acheminer des flux de données numériques. A cet effet,

des modems et des multiplexeurs peuvent assurer la transmission de flux de données numériques par les faisceaux hertziens existants à un débit de 51 Mbit/s; l'équipement numérisera les faisceaux hertziens, tandis que les installations UHF resteront inchangées. Dans de nombreux cas, il est également possible d'utiliser des systèmes MMDS pour acheminer les programmes de radiodiffusion numérique sur les réseaux de câblodistribution. Evidemment, l'installation d'un certain nombre d'émetteurs numériques supplémentaires conditionne le développement des programmes de radiodiffusion numérique reçus par la population. Il importe toutefois que la réception par des antennes extérieures de bouquets de programmes de radiodiffusion numérique provenant de différents émetteurs DVB-T puisse être assurée dans de nombreux cas sans modification des réseaux existants de câblodistribution.

Le bouquet de programmes régionaux peut être développé en augmentant le nombre de productions de programmes dans la région proprement dite et grâce à la réception d'un nombre accru d'émissions transmises par satellite.

6.10.2 Etapes d'une modernisation approfondie du réseau régional de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique

Les approches présentées ci-dessus permettent donc de définir comme suit les étapes d'une modernisation complète du réseau régional de radiodiffusion télévisuelle et radiophonique pour assurer le passage au numérique:

- Distribution de boîtiers décodeurs DVB-T à la population. La fabrication des boîtiers décodeurs peut être financée dans le cadre d'un programme cible d'administration régionale subventionné par des investisseurs régionaux. Les boîtiers distribués doivent être des terminaux interactifs multifonctions prenant en charge un vaste éventail de services et de produits multimédias actuels, outre les fonctions de radiodiffusion.
- Choix d'un émetteur «pilote» parmi les émetteurs en service dans chacune des zones de radiodiffusion, qui sera remplacé par une unité hybride (assurant une fonction de radiodiffusion analogique au cours de la phase initiale), les signaux numériques de tous les programmes diffusés dans la zone considérée étant introduits dans ladite unité.
- Lancement de la radiodiffusion numérique DVB-T des programmes diffusés auparavant en mode analogique par l'émetteur pilote, abandon de la radiodiffusion analogique et démantèlement de tous les autres émetteurs de la zone de radiodiffusion avec déroulement progressif du processus par zone, dès qu'elles sont prêtes à introduire le changement de technologie.
- Création d'un réseau régional de production et de distribution de programmes de télévision fondé sur l'utilisation de câbles optiques et de faisceaux hertziens numériques, de systèmes MMDS et de réseaux filaires au niveau de la boucle locale.
- Au fur et à mesure de l'extension du réseau régional de distribution, acheminement du bouquet régional de programmes de télévision (c'est-à-dire l'ensemble des programmes reçus dans la région par les canaux à satellite et l'ensemble des programmes régionaux) vers chacune des zones à forte densité de population, et diversification ultérieure, notamment par la création de nouveaux programmes régionaux (télévision régionale, programmes commerciaux); installation de nouveaux émetteurs DVB-T.
- Sur la base de la radiodiffusion vidéonumérique, mise au point des services de transmission de données (notamment web et services multimédias de type web) depuis le tout début de la radiodiffusion vidéonumérique, afin d'offrir à la population des services modernes d'information et de communication, ainsi que des produits à vocation tant sociale que commerciale.
- Lancement de produits interactifs dès le tout début de la radiodiffusion vidéonumérique, essentiellement de services fondés sur le web et de services analogues faisant appel à la radiodiffusion télévisuelle.
- Création dans la région d'un réseau régional commun d'information multimédia et interactif, fondé sur l'utilisation des boîtiers décodeurs des abonnés, avec une plate-forme interactive spécifiquement conçue pour prendre en considération les besoins et les intérêts régionaux, ainsi qu'un système uniformisé d'accès conditionnel, choisi d'un commun accord entre les opérateurs de radiodiffusion numérique.

6.10.3 Poursuite du développement du réseau de transmission par radiodiffusion télévisuelle et radiophonique dans la région, élargissement de la gamme de services et de fonctions du réseau, par la mise en place de services interactifs et de services multimédias

Le passage à la radiodiffusion numérique n'est pas le stade ultime de la modernisation du réseau de transmission par radiodiffusion télévisuelle et radiophonique. Il va sans dire que la multiplication des programmes de radiodiffusion télévisuelle s'accompagnera d'une progression des recettes des opérateurs de radiodiffusion. Toutefois, la principale source d'augmentation des revenus est liée en fait à la fourniture d'un vaste éventail de services et de produits modernes d'information et de communication, fondés sur la radiodiffusion et destinés aux entreprises comme aux utilisateurs privés. La solution technique utilisée à cet effet consiste à encapsuler les flux de données multimédias (notamment les données liées aux services web et similaires) dans les flux numériques de radiodiffusion télévisuelle. La réception des services mentionnés ci-dessus et la visualisation des données correspondantes sur l'écran du récepteur de télévision s'effectueront grâce au boîtier décodeur de radiodiffusion télévisuelle numérique. Les logiciels et les équipements des mêmes boîtiers décodeurs prennent en charge les canaux de retour établis sur les lignes téléphoniques (au moyen de modems commutés intégrés) ou à l'aide d'installations xDSL ou encore, en cas de raccordement aux réseaux câblés domestiques (câbles HFC), selon la norme DOCSIS (intégrée ou au moyen de modems externes DOCSIS reliés aux boîtiers décodeurs par une interface Ethernet).

6.10.3.1 Description générale des services et des produits d'information à caractère interactif fondés sur la radiodiffusion télévisuelle numérique. Phase initiale d'introduction des services dans la région

Les services de télévision de qualité améliorée et à caractère interactif se composent essentiellement de nouveaux services de radiodiffusion télévisuelle assurés exclusivement sur la base de la radiodiffusion numérique. Le concept de télévision de qualité améliorée permet d'envisager des services payants dont les signaux codés exigent l'utilisation de cartes à puce et de systèmes d'accès conditionnel. Des entreprises privées qui louent le matériel nécessaire à l'opérateur sont susceptibles de fournir des services de ce type à la population, moyennant un abonnement aux bouquets à péage. Par ailleurs, la population conserve la faculté de recevoir gratuitement des bouquets de programmes sociaux (aussi bien nationaux que régionaux).

La télévision de qualité améliorée peut utiliser la technologie des services DVB-T pseudo-interactifs, sans canal de retour. On peut citer à cet égard différents services d'information et de présentation de données de référence, tels que télévision, presse écrite, prévisions météorologiques, évaluations, canaux publicitaires, etc. A la faveur du passage à la radiodiffusion numérique, ces services peuvent être fournis immédiatement dans les zones à forte densité de population de la région, sous-équipées en lignes téléphoniques et où il n'est pas encore possible de mettre en place un canal de retour assurant un service pleinement interactif.

Dans les villes de la région où le taux d'équipements téléphoniques est suffisant, des systèmes interactifs peuvent être déployés au moyen d'un canal de retour utilisant une ligne téléphonique. Un canal de retour peut prendre en charge différents services de commerce électronique, boutiques en ligne, évaluations et sondages d'opinions, qui présentent une importance du point de vue social et dont l'administration régionale peut avoir besoin. Simultanément, il est possible d'obtenir un accès à l'internet haut débit sur des canaux numériques DVB-T spécialisés. A cet effet, un téléspectateur n'aura pas besoin alors d'un ordinateur personnel, puisque cette fonction sera assurée par le boîtier décodeur: les pages web seront affichées sur l'écran du poste, suite à un reformatage approprié et à un redimensionnement du texte et des objets graphiques, pour affichage sur écran de définition standard. Un clavier sans fil permet d'utiliser les fonctions du navigateur web. Par ailleurs, l'établissement de la connexion n'exige aucun délai supplémentaire, puisque le canal internet est disponible en permanence. En fait, ce service est un élément d'une nouvelle qualité de vie, puisque la télévision se transforme en un point d'accès crucial à l'information, regroupant les techniques d'information les plus évoluées et permettant à toute personne indépendamment de son âge, de son éducation et de son appartenance sociale de participer pleinement à l'infrastructure mondiale de l'information, sans devoir faire l'acquisition d'un ordinateur personnel et simplement à l'aide d'un poste de télévision ordinaire. Le boîtier décodeur de radiodiffusion télévisuelle numérique assure les fonctions d'accès à l'internet et de courrier électronique.

A l'étape suivante du déploiement régional du système de radiodiffusion télévisuelle numérique au niveau régional, il devient possible d'étendre les services interactifs aux zones rurales éloignées où le taux de pénétration téléphonique est insuffisant. Il suffit à cet effet de faire appel à la technologie sans fil DVB-RCT pour établir un canal de retour.

6.10.3.2 Création au niveau régional d'un système commun d'information interactif et multifonction, fondé sur la radiodiffusion télévisuelle numérique

En présence de canaux de retour, les services interactifs suivants d'information et de communication peuvent être fournis aux entreprises et aux utilisateurs individuels grâce à la radiodiffusion télévisuelle numérique.

- accès à l'internet sans PC;
- courtage électronique;
- commerce électronique;
- gestion d'un compte bancaire, notamment transactions commerciales à distance avec signature numérique;
- système électronique de commande de services municipaux;
- système de paiement électronique des services publics communaux;
- services fondés sur la technologie dite de «vidéo à la demande»;
- systèmes électroniques à l'usage des entreprises artisanales;
- télésanté;
- systèmes d'apprentissage électronique;
- CD-ROM virtuels;
- jeux sur l'internet.

Globalement, les services d'information énumérés ci-dessus peuvent constituer un système d'information commun interactif à fins multiples mis en place selon le principe d'une interface usager unique (navigateur) et d'une plate-forme interactive harmonisée. Dans ces conditions, un opérateur de radiodiffusion peut devenir un fournisseur du système de services conçus à l'intention des entreprises et des usagers individuels. L'établissement de systèmes de ce type se justifie à l'échelon régional. Aussi devrait-on prévoir au niveau régional des centres de formatage des données associés aux services d'information correspondants, notamment des serveurs spécialisés et des dispositifs d'encapsulation des services en question dans les signaux de radiodiffusion télévisuelle. Un logiciel de serveurs est un progiciel multifonction comportant en particulier des modules de facturation d'interfonctionnement avec les systèmes de paiement bancaire, de gestion des annonces publicitaires, de collecte de données médiamétriques et de traitement des données des canaux de retour (interactives). La partie usager du logiciel relative à ce système (navigateur) est installée dans le boîtier décodeur de radiodiffusion numérique.

Sans examiner en détail la construction et le fonctionnement du système, il est possible de définir les principales sources de revenu supplémentaire pour l'opérateur. Celles-ci comprennent notamment le montant de l'abonnement facturé à partir du système d'accès conditionnel, (grâce à une carte à puce introduite dans le boîtier décodeur). Toutefois, ce sont les recettes publicitaires qui représentent la principale source de revenus de l'opérateur d'un système d'information interactif. Dans un tel système, la publicité diffère radicalement de la publicité linéaire classique propre à la radiodiffusion analogique. Sa différence essentielle tient à la nature de sa cible (des groupes usagers différents font l'objet d'annonces publicitaires différentes) et à la fonction intégrée de mesure de l'audience (médiamétrie). En fait, les boîtiers décodeurs peuvent prendre en charge les fonctions suivantes:

- 1) Attribution d'un indice de consommateur à l'abonné. Lorsqu'un abonné est relié au système, un questionnaire affiche sur l'écran un certain nombre de rubriques concernant le statut social de l'abonné, son âge, son sexe, son revenu, ses centres d'intérêt dans différents domaines, les biens et les services qui l'intéressent, etc. (ce type de sondage peut être répété à certains moments, par exemple tous les ans, afin

de noter les changements éventuels). Il s'agit d'un questionnaire à choix multiples visant à déterminer le type de publicité à diriger vers l'abonné. L'indice de consommateur attribué dépend des choix indiqués dans les réponses. L'indice est envoyé au serveur de l'opérateur, puis utilisé pour identifier les éléments publicitaires à adresser à cet abonné.

- 2) Médiamétrie des programmes de télévision. Un boîtier décodeur enregistre chaque passage d'un canal de télévision à un autre et très vraisemblablement le temps de visionnement de chaque canal. Périodiquement (disons une fois par jour) les données de visionnement obtenues sont adressées au serveur de l'opérateur. Cette fonction permet de calculer de façon exacte et non approximative l'audience des programmes de télévision.
- 3) Mesures d'audience de la publicité. Chaque paiement de biens et de services effectué par un abonné au moyen d'un boîtier décodeur (prenant en charge la fonction de paiement électronique) est enregistré, les informations concernant le type de biens et de services achetées étant transmises au serveur de l'opérateur; le rapport entre l'achat de biens et de services et les annonces publicitaires transmises à l'abonné auparavant est analysé au niveau du serveur. L'évaluation de l'efficacité des messages publicitaires exige l'utilisation de cette fonction.

Grâce à ces fonctions, l'opérateur d'un système d'information interactif obtient évidemment des données d'une importance vitale tant pour les sociétés de télévision (audience des programmes) que pour les publicistes (efficacité considérablement accrue de la publicité grâce à son ciblage, information concernant l'efficacité des messages publicitaires). Cette possibilité renforce l'intérêt du système pour ces différents intervenants et affecte en conséquence les revenus de l'opérateur.

Une autre source importante de revenus pour ce dernier vient des paiements effectués par les structures commerciales qui vendent des biens et des services dans le cadre du système de commerce électronique, lequel fait partie du système global. Les systèmes de commerce électronique font l'objet d'une forte demande de la part des structures commerciales dans la mesure où ils leur permettent d'augmenter notablement leurs ventes. Un nouveau marché s'ouvre ainsi aux vendeurs: la vente au détail électronique avec paiement immédiat de biens et de services, sans mouvement d'espèces par télématique bancaire.

Les téléspectateurs peuvent choisir les biens qu'ils achètent via le système des boutiques en ligne qui leur permet de regarder des clips vidéo des biens en question, de commander leur livraison à domicile ou non et d'effectuer les paiements correspondants au moyen de leur carte à puce. L'expérience acquise à l'étranger confirme le succès considérable de projets de ce type: outre la commodité et le gain de temps, les prix payés par le client sont inférieurs à ceux pratiqués dans les boutiques classiques (grâce à la réduction des frais généraux du vendeur et au paiement électronique) et, enfin, du fait que les systèmes de paiement électronique intégrés à des réseaux fermés de télévision numérique présentent une fiabilité supérieure à celle observée sur l'internet.

Lorsqu'un tel système interactif régional fondé sur la radiodiffusion numérique est mis en place dans une région à titre d'étape logique consécutive à l'adoption généralisée de la radiodiffusion numérique, il serait également logique de fonder le système d'abonnement sur un système d'accès conditionnel uniforme. Il va sans dire qu'un tel système devrait comporter une composante ouverte (à vocation sociale) et une composante commerciale, les redevances d'abonnement étant facturées uniquement pour les services fournis par la composante commerciale.

6.11 Etude de cas: équipement informatisé pour réseaux d'analyse DVB-T/UMTS

Dans bien des cas, la planification des radiofréquences devient difficile lorsque des sites urbains et à forte densité sont utilisés. De nos jours, les organismes de réglementation et les opérateurs disposent d'une gamme limitée d'équipements pour faire une bonne analyse et un bon relevé de l'efficacité de la planification des fréquences dans le cas des réseaux de radiodiffusion DVB-T et des réseaux UMTS/IMT-2000. Ces équipements, qui sont de type monocanal, n'ont pas une sensibilité ou un pouvoir séparateur suffisants pour

identifier tous les signaux ayant une influence notable sur la performance du réseau. Un appareillage actuel appelé ANTIUM (initiative européenne) permet de détecter et d'identifier ces signaux, au moyen d'un équipement multicanal, avec un réseau de plusieurs antennes et des algorithmes multicanaux de haut niveau. L'appareillage ANTIUM doit détecter toutes les stations de base ou émetteurs DVB-T ayant une incidence notable sur les performances du réseau mobile, c'est-à-dire:

- émetteurs DVB-T avec rapport $C/I = -20$ dB;
- stations de base UMTS FDD/TDD avec rapport P-CPICH $E_c/10$ supérieur ou égal à -25 dB.

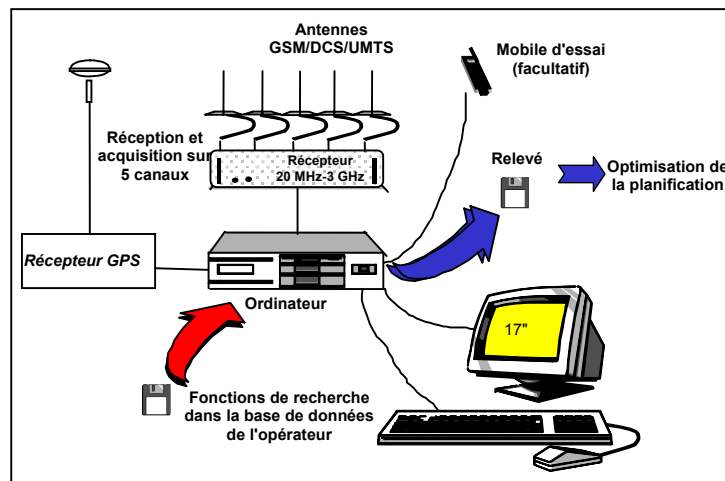
L'appareillage ANTIUM peut servir à analyser un cas de brouillage (pollution par les signaux pilotes dans le cas des systèmes UMTS, brouillage dans le même canal, brouillage par le canal adjacent dû au réseau d'un autre opérateur ou brouillage au voisinage d'une frontière nationale), là où des problèmes ont été détectés auparavant.

L'appareillage ANTIUM, généralement installé à bord d'une unité mobile comprend les éléments suivants:

- un réseau de N antennes ($N = 5$);
- un récepteur multicanal;
- un ordinateur personnel, avec cartes d'acquisition et de contrôle;
- un système GPS pour la localisation des mesures;
- un portable trace mobile (UMTS/GSM/GPRS).

L'opérateur peut utiliser sa propre base de données réseau. Les résultats de l'analyse sont enregistrés dans des fichiers de relevés susceptibles d'être utilisés ensuite par l'opérateur à des fins d'optimisation de la planification ou par les organismes de réglementation.

Figure 1 (Etude de cas DVB-T/UMTS) – Principaux éléments de l'appareillage ANTIUM



Réseau DVB-T

L'analyse du brouillage du réseau DVB-T au moyen de l'équipement ANTIUM fournit une liste des émetteurs DVB-T partageant le canal étudié, avec l'indication de leurs identifiants (information TPS) et de leurs caractéristiques physiques (niveau, rapport C/I et réponse impulsionnelle du canal). ANTIUM offre par ailleurs différentes fonctionnalités, telles que la détection d'un signal de télévision analogique pour le réseau DVB-T.

L'analyse du brouillage permet de détecter des émetteurs DVB-T pour des rapports C/I supérieurs ou égaux à -30 dB. Une sensibilité d'au moins -92 dBm peut être obtenue sans brouillage ou de -90 dBm avec brouillage.

En présence d'un problème de réception DVB-T détecté en un point donné, il convient de décider immédiatement d'envoyer le véhicule de mesure sur place et d'y vérifier la qualité de l'image et du son afin de confirmer le problème en question. Ensuite, il faut mesurer le champ du signal utile. Si celui-ci dépasse un seuil déterminé au préalable, le problème est manifestement imputable au brouillage, qu'il faut alors identifier: tel est le rôle de l'appareillage ANTIUM. L'opérateur d'ANTIUM doit introduire certaines informations telles que la fréquence centrale du canal et la configuration du signal MROF (mode, intervalle de garde). La polarisation d'antenne doit également être prise en compte.

Fonctionnement simultané UMTS/DVB-T

Il convient de signaler que la connexion et le fonctionnement simultané des réseaux UMTS et DVB-T sont envisageables à moyen terme dans les zones de forte densité, où les usagers munis d'un terminal approprié peuvent choisir le meilleur réseau propre à acheminer le contenu multimédia souhaité. Suivant certains scénarios de convergence, la demande de contenu sera acheminée par la liaison montante du réseau UMTS, tandis que le contenu effectif sera fourni par la liaison montante (ou descendante) UMTS ou DVB-T en fonction de critères d'équilibrage optimal entre les réseaux (longueur des contenus/durée de transmission, état du trafic, considérations de qualité de service, coûts, etc.).

Il est possible d'envisager le fonctionnement simultané des réseaux uniquement au niveau du service, les réseaux d'accès radio ayant leur propre bande allouée, ou de l'étendre au niveau de la répartition du spectre. On peut alors penser à un partage et à une répartition dynamique du spectre. Avant d'introduire ces principes dans la pratique pour les réseaux UMTS et DVB-T, il faudra résoudre les problèmes d'ordre réglementaire et technique (brouillage dans le même canal, par un canal partiellement superposé et par un canal adjacent, difficultés liées aux changements très répétés de fréquence d'un émetteur DVB-T, problèmes posés par l'immunité d'un terminal aux radiofréquences; importance de la bande passante de l'antenne; plus forte consommation d'énergie et complexité accrue du processus de synchronisation). Bien qu'il soit conçu au départ en fonction des brouillages à l'intérieur des systèmes, et pour une répartition connue des fréquences, l'appareillage ANTIUM s'avère également utile pour l'analyse du brouillage entre systèmes. Plus précisément, l'appareillage ANTIUM actuel permet de procéder successivement à l'analyse du brouillage cocanal et à des estimations du brouillage indirect du canal adjacent et du canal partiellement superposé. Certains accessoires précis: dispositif à balayage de fréquences et dispositif détecteur d'énergie; module de démodulation et d'annulation du brouillage entre systèmes pour l'analyse du brouillage cocanal simultané; algorithmes d'estimation du brouillage du canal adjacent et du canal partiellement superposé; et, enfin, système de détection du canal de radiodiffusion commun pourraient même rendre l'appareillage ANTIUM plus intéressant pour les opérateurs.

Il convient de rappeler ici que l'analyse du brouillage UMTS FDD au moyen de l'appareillage ANTIUM fournit la liste des stations de base UMTS partageant le canal analysé, avec leurs identificateurs (code de brouillage, MCC, MNC, CI) et une indication de leurs caractéristiques physiques (niveau, rapport E_c/I_0 et réponse impulsionnelle du canal). L'analyse du brouillage permet de détecter les stations d'émission réception de base pour des rapports P-CPICH E_c/I_0 supérieurs ou égaux à -30 dB. La sensibilité devrait atteindre au moins $-116,7$ dBm (niveau P-CPICH) avec une source de brouillage.

Conclusion

L'équipement de mesure ANTIUM constitue un moyen très efficace d'aider les opérateurs de réseau ou les régulateurs qui sont confrontés au problème de la répartition dynamique du spectre et qui sont tenus de résoudre les problèmes de convergence des systèmes que pose le développement futur des systèmes de radiodiffusion et de communication mobile.

Le système ANTIUM avait pour objectif principal de prévoir ses possibilités futures d'utilisation dans un environnement large bande multinorme. Pour pouvoir cibler un grand nombre d'utilisateurs, le système ANTIUM doit être de type multistandard. Le système ANTIUM une fois achevé constituera une plate-forme ouverte adaptée à plusieurs systèmes hertziens fonctionnant dans différentes bandes de fréquences.

Actuellement, ANTIUM est adapté aux systèmes 2G (GSM/DCS/GPRS), UMTS, FDD, IS95 et DVB-T, son extension étant prévue à d'autres normes telles que UMTS TDD, TD-SCDMA, Edge, DVB-H, DRM, Wi-Fi, Wi-Max, CDMA-2000 et IS 136. Le matériel sera commun à toutes les normes, bien que chacune fasse l'objet d'une couche DLL de traitement spécifique.

ANTIUM apporte une amélioration évidente qui consiste à permettre la réalisation d'essais sans altérer la qualité générale du réseau. En effet, à l'heure actuelle, pour identifier les sources de brouillage, il faut interrompre une par une les émissions de chacune des sources suspectées. Il en résulte une altération notable de la qualité de service à l'intérieur des cellules concernées.

En ce qui concerne le système DVB-T, cet appareillage sera très intéressant lorsque la densité des réseaux DVB-T augmentera, en particulier en milieu urbain où les radiodiffuseurs n'auront pas d'autre moyen d'identifier l'origine des brouillages DVB-T. Le renforcement de la densité interviendra probablement dans les années à venir.

Enfin, ANTIUM semble être un appareillage nouveau et efficace pour résoudre les problèmes de brouillage susceptibles de se produire au cours de l'exploitation d'un réseau et s'avérer aussi comme étant efficace et utile au cours des phases de déploiement et de densification du réseau. De ce fait, ANTIUM permettra aux opérateurs et aux radiodiffuseurs d'optimiser leurs réseaux et d'améliorer la qualité de service offerte aux usagers.

Annexe 1

Carte de la télévision numérique dans le monde

Les cartes reproduites ci-dessous indiquent les différentes normes de télévision numérique adoptées dans le monde pour les systèmes de radiodiffusion de Terre, par satellite et par câble.

Figure 1.1 – Normes de télévision numérique de Terre adoptées dans le monde

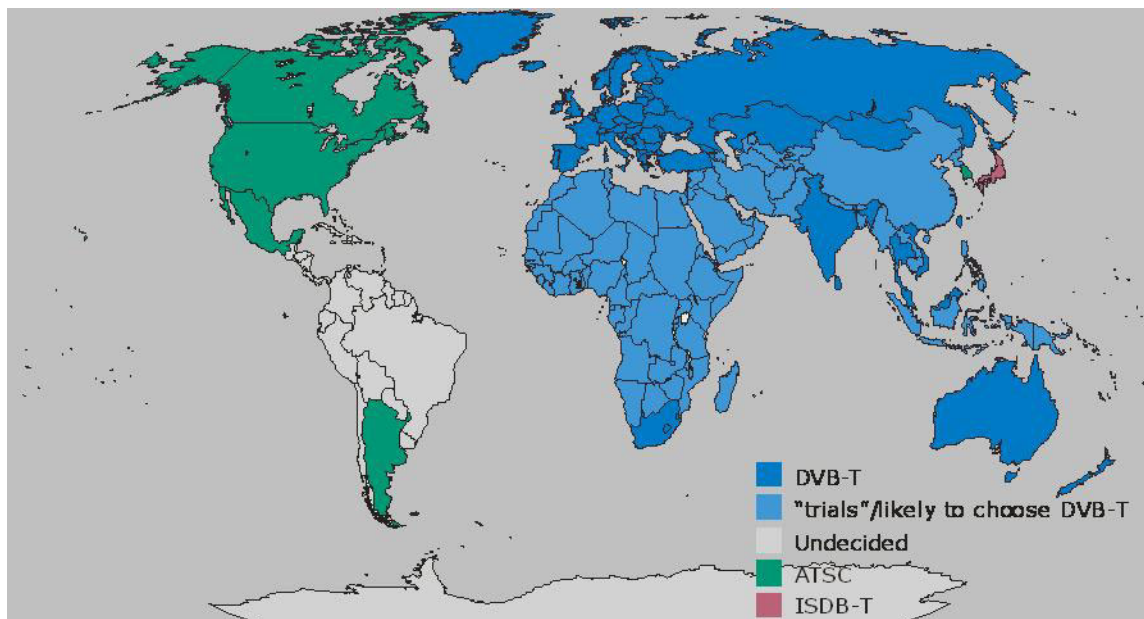
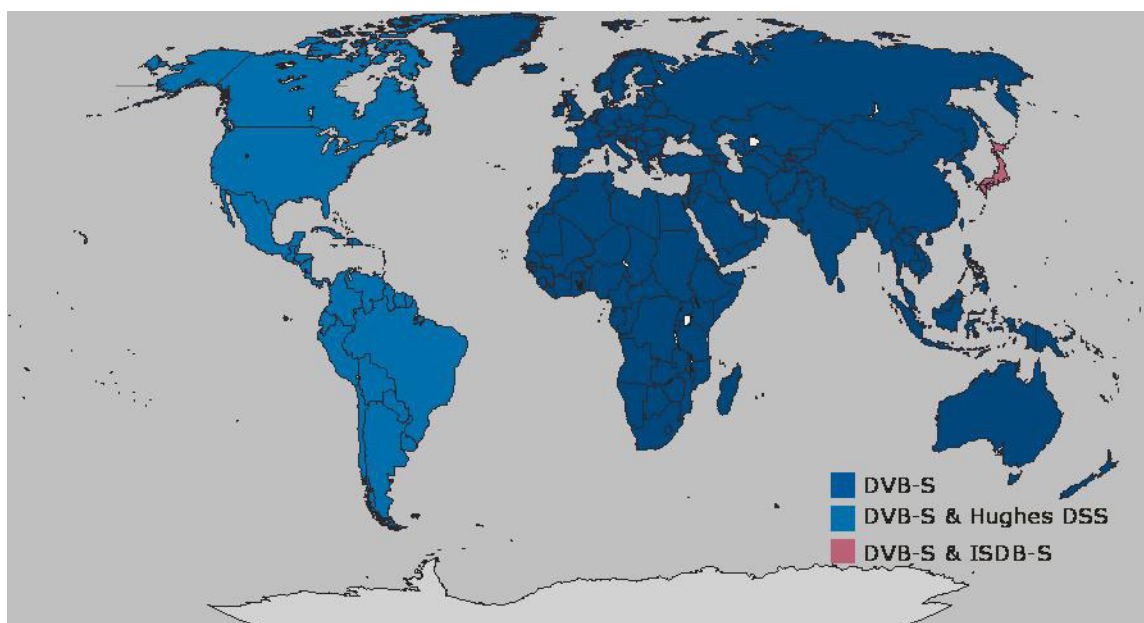


Figure 1.2 – Normes de télévision numérique par satellite adoptées dans le monde



Annexe 2

**Systèmes de télévision numérique par satellite, par câble et de Terre
choisis dans les différentes régions du monde
(juillet 2004)**

Normes de radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre

Les systèmes de télévision numérique choisis dans un certain nombre de pays sont récapitulés dans l'Annexe 2. Voir également la carte mondiale de la télévision numérique reproduite à l'Annexe 1.

Pays ou région	Télévision par satellite	Télévision par câble	Télévision par voie hertzienne de Terre (situation actuelle)	
Union européenne (15 états)	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Système adopté et mis en place en Suède, en Allemagne, en Finlande, au Royaume-Uni, en Espagne, etc.
Etats arabes	DVB-S	DVB-C	Pas d'annonce officielle	Adoption recommandée du système DVB-T
Fédération de Russie	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Système adopté, essais d'émission
Inde	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Système adopté, essais d'émission
Singapour	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Services adoptés, TvMobile
Australie	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Système adopté, service de télévision de haute définition
Nouvelle-Zélande	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Système adopté, essais d'émission
Malaisie	DVB-S	DVB-C	Pas d'annonce officielle	Système DVB-T recommandé par l'industrie
Thaïlande	DVB-S	DVB-C	Pas d'annonce officielle	Système DVB-T recommandé par l'industrie
Indonésie	DVB-S	DVB-C	Pas d'annonce officielle	Système DVB-T recommandé par l'industrie
Mexique	DVB-S DirecTV (semblable à DVB-S)	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	ATSC	Pas encore mis en place
Hong Kong	DVB-S	DVB-C	Pas d'annonce officielle	Système DVB-T recommandé
Chine	DVB-S	DVB-C	Choix en cours	Choix entre le système DVB-T et un système national
Argentine	DVB-S DirecTV (semblable à DVB-S)	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	Officiellement ATSC	Décision de l'option du système ATCS en 1998, pas de service prévu
Brésil	DVB-S DirecTV (semblable à DVB-S)	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	Choix en cours	Choix du système DVB-/ATSC/ISDB-T envisagé
Japon	DVB-S ISDB-S (semblable à DVB-DSNG)	Semblable à DVB-C	ISDB-T	Mis en place

Pays ou région	Télévision par satellite	Télévision par câble	Télévision par voie hertzienne de Terre (situation actuelle)	
Taiwan	DVB-S	DVB-C	DVB-T	Système adopté, essais d'émission, après abandon du système ATSC
Etats-Unis d'Amérique	DVB-S DirecTV (semblable à DVB-S)	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	ATSC	Mis en place
Canada	DVB-S DirecTV (semblable à DVB-S)	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	ATSC	Pas encore mis en place
Corée du Sud	DVB-S	OpenCable (semblable à DVB-C)	ATSC	Réexamen de la décision en faveur du système ATSC
Philippines	DVB-S	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	Choix en cours	DVB-T ou ATSC
Autres pays d'Amérique latine et des Caraïbes	DVB-S	DVB-C OpenCable (semblable à DVB-C)	Choix en cours	DVB-T ou ATSC

Les systèmes DVB-T ont été déployés dans les différents canaux (6, 7 et 8 MHz) et suivant plusieurs modèles économiques (HDTV, STDV, diffusion gratuite, télévision à péage).

Annexe 3

Liste d'abréviations

AFS	Commutation de fréquence de remplacement (<i>alternative frequency switching</i>)
ARIB	Association des industries et entreprises radioélectriques
ATSC	Comité des systèmes de télévision évolués
CAMR	Conférence administrative mondiale des radiocommunications (UIT)
CC	Courant continu
CEI	Commission électrotechnique internationale
CELP	Prédiction linéaire à association par code (<i>code excited linear prediction</i>)
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications (UIT)
CSP	Canal de service principal
CWDM	Multiplexage par répartition approximative en longueur d'onde (<i>coarse wavelength division multiplexing</i>)
DAB	Radiodiffusion audionumérique (<i>digital audio broadcasting</i>)
DBL	Double bande latérale
DCP	Protocole de distribution et de communication (<i>distribution and communications protocol</i>)
DMB-T	Radiodiffusion multimédia numérique de Terre (<i>digital multimedia broadcasting – terrestrial</i>)
DPI	Droits de propriété intellectuelle
DRM	Digital Radio Mondiale
DVB	Radiodiffusion vidéo numérique (<i>digital video broadcasting</i>)
DVB-H	Radiodiffusion vidéo numérique – dispositifs portatifs (<i>digital video broadcasting – handheld</i>)
DVB-T	Radiodiffusion vidéo numérique de Terre (<i>digital video broadcasting – terrestrial</i>)
DWDM	Multiplexage dense par répartition en longueur d'onde (<i>dense wave division multiplexing</i>)
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication (<i>european telecommunications standards institute</i>)
FAC	Voie d'accès rapide (<i>fast access channel</i>)
GPRS	Service général de radiocommunication en mode paquet (<i>general packet radio service</i>)
GPS	Système mondial de radiorepérage (<i>global positioning system</i>)
GSM	Système mondial de communications mobiles (<i>global system for mobile communication</i>)
HF	Ondes décimétriques (<i>high frequency</i>)
HFC	Système hybride fibre optique/câble coaxial (<i>hybrid fibre/coaxial</i>)
HVXC	Codage par excitation de vecteur d'harmonique (<i>harmonic vector excitation coding</i>)
IBOC	Dans la même voie, dans la même bande (<i>in band on channel</i>)
IP	Protocole internet (<i>internet protocol</i>)
IRD	Récepteur-décodeur intégré (<i>integrated receiver and decoder</i>)
LAN	Réseau local (<i>local area network</i>)
LF	Ondes kilométriques (<i>low frequency</i>)
LMDS	Système de distribution multipoint locale (<i>local multipoint distribution system</i>)

LW	Ondes longues (<i>long wave</i>)
MA	Modulation d'amplitude
MAQ	Modulation d'amplitude en quadrature
MCI	Interface de commande de modulateur (<i>modulator control interface</i>)
MCS	Diffusion simultanée multicanal (<i>multiple channel simulcast</i>)
MDI	Interface de distribution multiplex (<i>multiplex distribution interface</i>)
MER	Taux d'erreur de modulation (<i>modulation error ratio</i>)
MF	Modulation de fréquence
MF	Ondes hectométriques (<i>medium frequency</i>)
MFN	Réseau multifréquences (<i>multi frequency network</i>)
MLC	Codage à plusieurs niveaux (<i>multi level coding</i>)
MMDS	Système de distribution multicanal multipoint (<i>multichannel multipoint distribution system</i>)
MPEG	Groupe d'experts pour les images animées (<i>moving picture experts group</i>)
MROFC	Multiplexage par répartition en fréquence orthogonale codé (<i>coded orthogonal frequency division multiplex</i>)
MW	Ondes moyennes (<i>medium wave</i>)
NTP	Protocole de temps réseau (<i>network time protocol</i>)
NVIS	Onde ionosphérique à incidence quasi verticale (<i>near vertical incidence sky-wave</i>)
NVOD	Quasi-vidéo à la demande (<i>near video on demand</i>)
PC	Ordinateur personnel (<i>personal computer</i>)
PFT	Protection, fragmentation et transport
QoSAM	Qualité de service dans les bandes MA numérisées (<i>quality of service in the digitized AM bands</i>)
RCT	Transmission de la voie retour (<i>return channel transmission</i>)
RDNIS-T	Radiodiffusion à intégration de services de Terre
RDS	Système de radiodiffusion de données (<i>radio data system</i>)
RF	Fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RFP	Phase radiofréquence (<i>radio frequency phase</i>)
RNIS	Réseau numérique à intégration de services
RRB	Comité du Règlement des radiocommunications de l'UIT (<i>ITU radio regulatory board</i>)
RSCI	Interface de commande et d'état du récepteur (<i>receiver status and control interface</i>)
RT	Terminal distant (<i>remote terminal</i>)
RTPC	Réseau téléphonique public commuté
SBR	Répétition de la bande spectrale (<i>spectral band replication</i>)
SCE	Codeur de composante du service (<i>service component encoder</i>)
SCS	Radiodiffusion simultanée monocanal (<i>single channel simulcast</i>)
SDC	Canal de description de service (<i>service description channel</i>)
SDI	Interface de distribution de service (<i>service distribution interface</i>)
SFN	Réseau monofréquence (<i>single frequency network</i>)
SNR	Rapport signal/bruit (<i>signal to noise ratio</i>)
SOHO	Professions libérales et télétravailleurs (<i>small business or home business</i>)

STB	Boîtier décodeur (<i>set top box</i>)
SW	Ondes courtes (<i>short wave</i>)
TAG	Marqueur (<i>tag</i>)
TEB	Taux d'erreur sur les bits
TNT	Télévision numérique de Terre
UDP	Protocole datagramme d'utilisateur (<i>user datagram protocol</i>)
UIT-R	Secteur des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications
UMTS	Système de télécommunications mobiles universelles (<i>universal mobile telecommunications system</i>)
USB	Bus série universel (<i>universal serial bus</i>)
VOD	Vidéo à la demande (<i>video on demand</i>)
VSAT	Microstation terrienne (<i>very small aperture terminal</i>)
VSB	Bande latérale résiduelle (<i>vestigial sideband</i>)
WAN	Réseau étendu (<i>wide area network</i>)
Wi-MAX	Interopérabilité mondiale pour accès hertzien (<i>worldwide interoperability for microwave access</i>)
WLL	Boucle locale sans fil (<i>wireless local loop</i>)
xDSL	Digne d'abonné numérique (<i>x digital subscriber line</i>)

Imprimé en Suisse
Genève, 2006

Crédits de photos: Photothèque UIT