

Déploiement d'un multiplex R1 de la TNT à haute définition (DVB-T2/TNT-HD) suivant les normes DVB-S2/T2

[Deployment of an R1 multiplex of high-definition TNT (DVB-T2/TNT-HD) according to DVB-S2/T2 norm]

Mibweyele Madeko Hylaïre

Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Digital is more than a breath of fresh air, it's a new wind blowing through our economy and our society. In DTT, a Multiplex designates a group of several channels broadcast on the same hertzian frequency by digital television transmitters (TNT) requiring less bandwidth with several television channels transmitted either in SD (Standard definition) or in HD (high definition). This article focuses on the deployment of the R1 TNT multiplex in high definition HD mode on the Kinshasa and Matadi axis which must be installed according to the DVB-T2/S2 (TNT-HD) standards instead of the DVB-T standard (experimental) adopted by the DRC, following its robustness in its modulation, its compression compared to other standards. R1 will consist of 12 TV channels, namely RTNC1, France 24, and Bosolo TV, RTG@, Antenne A, RTCE, Mercure TV, RTNC3, TOP Congo, RFI, BBC and GPB to offer viewers of these entities digital programs of good quality with the integration of other services in particular: the Internet, telephony, teleshopping, etc. The final result of the measurement of the bit error rate in relative value obtained after the implementation of the R1 DTT multiplex (DVB- T2/HD) is the improvement of the quality of images and sound. This value is between 10^{-5} and 10^{-8} for the 55 dBuV level for CBER and VBER.

KEYWORDS: Deployment, multiplex, high definition TNT, DVB-S2/T2 norms, DVB-T standard.

RESUME: Le numérique est plus qu'un souffle, c'est un vent nouveau qui se lève sur notre économie et notre société. En TNT, un Multiplex désigne un groupe de plusieurs chaînes diffusées sur une même fréquence hertzienne par les émetteurs de télévision numérique (TNT) nécessitant moins de bande passante avec plusieurs chaînes de télévision transmises soit en SD (Standard définition) ou en en HD (haute définition). Cet article se focalise sur le déploiement du multiplex R1 TNT en mode haute définition HD sur l'axe Kinshasa et Matadi qui doit être installé suivant les normes DVB-T2/S2 (TNT-HD) à la place du standard DVB-T (expérimental) adoptée par la RDC, suite à sa robustesse dans sa modulation, sa compression par rapport à d'autres normes. R1 sera composé de 12 chaînes TV, à savoir RTNC1, France 24, Bosolo TV, RTG@, Antenne A, RTCE, Mercure TV, RTNC3, TOP Congo, RFI, BBC et GPB pour offrir aux téléspectateurs de ces entités des programmes numériques de bonne qualité avec l'intégration des autres services notamment: l'internet, la téléphonie, la téléachat, etc... Le résultat final de la mesure du taux d'erreurs binaires en valeur relative obtenu après l'implémentation du multiplex R1 TNT (DVB-T2/HD) est l'amélioration de la qualité des images et du son. Cette valeur est comprise entre 10^{-5} et 10^{-8} pour le niveau de 55 dB μ V pour le CBER et de VBER.

MOTS-CLEFS: Déploiement, multiplex, TNT à haute définition, normes DVB-S2/T2, standard DVB-T.

1 INTRODUCTION

Depuis les origines de la télévision, l'homme ne cesse d'améliorer ce moyen de transmission de l'information; augmentant la taille et la qualité de l'image, ajoutant la couleur puis, multipliant le nombre d'émission [1]. Vers le milieu des années 1990, de nombreux pays, parmi lesquels la France, s'intéressent à l'évolution de la télévision numérique hertzienne.

La technologie numérique s'impose dans le monde entier et ce dans la quasi-totalité des domaines. La transmission audiovisuelle n'est pas épargnée. Apparue en premier lieu dans les équipements, les régies de production, de la diffusion de télévision et de la radio, elle a ensuite gagné le secteur des réseaux de transmission et de diffusion, permettant ainsi une restitution plus fidèle des images et des sons. Contrairement à la technologie analogique qui ne permet pas d'échapper à la dégradation des signaux lors de l'exploitation, du traitement et de la transmission, la technologie numérique est plus robuste [2], [3].

La télévision numérique terrestre à haute définition HD est une nouvelle technologie de diffusion des signaux de télédiffusion [4], [5]. Plus efficaces que la télévision numérique standard définition SD et analogique; la HD nous offre des images plus nette de meilleure qualité, avec un balayage d'image s'effectuant sous une forme de pixel [6].

La technologie TNT permet de diffuser 6, voir 20 chaînes au format standard DVB-T/T2 dans la même largeur de bande qu'un canal analogique soit 8 MHz et 3 chaînes en HD (Haute Définition). Cette technologie permettra d'utiliser des canaux identiques, ou des canaux adjacents, sur une même zone ou des zones limitrophes. Elle récupère de la ressource en fréquence tout en offrant d'avantage de chaînes.

Le standard DVB-T2 transmet l'audio et la vidéo compressés (MPEG-4) et d'autres données dans un flux de transport MPEG en utilisant un code orthogonal de la fréquence (multiplexage par répartition de fréquence) modulé en COFDM ou OFDM) []. La télévision numérique terrestre est à comparer à la télévision numérique reçue par câble (DVB-C/C2) ou par satellite (DVB-S/S2).

Notre article s'articulera sur l'implémentation d'un multiplex R1 qui est une technique utilisée dans le codage source de la TNT consistant à transmettre 12 chaînes de télévision numérique dans une bande de 8 MHz avec une même fréquence en UHF et même canal dont la fourchette est comprise entre 21 et 69. Le signal TS sera rayonné par un émetteur multiplex TNT. Nous allons expliquer à nos lecteurs et expert audiovisuel, comment va s'effectuer cette mise en place du multiplex R1 au niveau du codage de source, de canal et de la réception et aussi présenter le résultat qui sera obtenu après l'implémentation de cette nouvelle technologie DVB-T2.

2 CONCEPTS DE BASE

2.1 FONCTIONNEMENT D'UNE CHAÎNE DE TÉLÉVISION NUMÉRIQUE/DVB-T

La figure 1.1 met en évidence les principales fonctions de la chaîne de traitement et transport d'un contenu audiovisuel issu, par exemple, des éléments transducteurs d'une caméra numérique. Les contenus vidéo RVB issu de l'imageur sont équilibrés (balance des blancs, filtrage), matricés (des réglages peuvent être accessibles lors de l'utilisation de la caméra) et numérisés (CAN, convertisseur analogique/numérique).

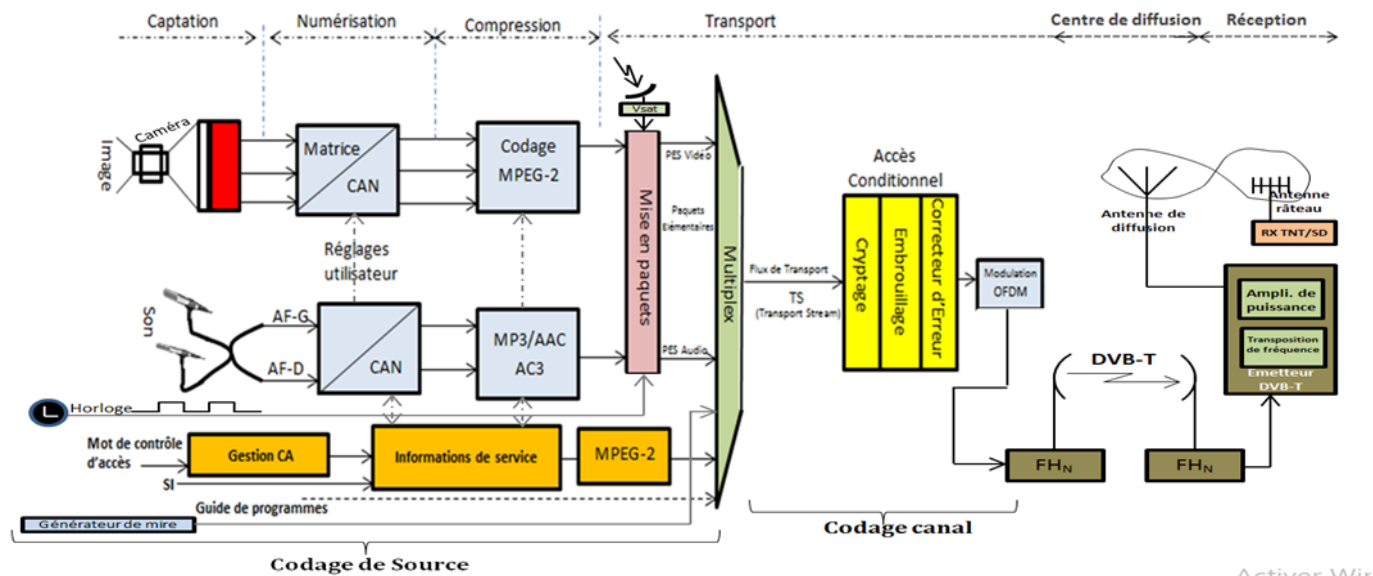


Fig. 1. Captation et conditionnement des signaux audio et vidéo /Norme DVB-T

Il s'agit d'une chaîne de télévision numérique suivant la norme DVB-T avec captage des signaux audio et vidéo fonctionnant avec quatre modules et parties dont le captage de l'image, la numérisation, la compression, la transmission du signal TS, la diffusion en DVB-T/T2, DVB-S/S2 ou DVB-S/S2 et la réception avec un tuner intégré suivant le traitement du signal. L'image est captée par une caméra qui transforme la lumière en signal vidéo numérique (RVB). Après matricage, et numérisation, nous avons à la sortie un signal YCrCb qui subira une compression vidéo (DVB-T/MPEG-2). Une fois les contenus vidéo RVB issus de l'imageur sont équilibrés (balance des blancs, filtrage), ils seront matricés (des réglages peuvent être accessibles lors de l'utilisation de la caméra) et finiront par être numérisés (CAN, convertisseur analogique/numérique). Les données YCrCb obtenues sont compressées puis mises en paquets de façon à constituer un flux PES vidéo. De même, les signaux audio voie gauche (AF-G) et voie droite (AF-D) sont numérisés. Les données audio sont ensuite compressées MP3 ou AAC/MPEG ou AC3 (Dolby). Ces données sont ensuite réparties dans les paquets PES audio. Le multiplexeur fournira un signal TS (Transport Stream) à partir des signaux SPTS (PES vidéo et audio) qui sera crypté, embrouillé et subira une correction d'erreur appelé FEC (Forward Error Correction). C'est le signal TS qui sera modulé en OFDM ou COFDM et diffusé par l'émetteur. Le rayonnement s'effectuera par la norme ISDB-T via une antenne omnidirectionnelle et capté au récepteur de télévision numérique par une antenne unidirectionnelle jusqu'aux téléspectateurs.

2.2 CADRE DE L'ETUDE

Dans le but d'illustrer et de valider les aspects théoriques développés dans les recommandations des accords GE06, il a été demandé à tous les opérateurs audiovisuels d'expérimenter d'abord la norme DVB-T pendant deux à trois ans avant le déploiement du multiplex R1 de la TNT à Haute Définition (DVB-T2/TNT-HD) suivant les normes DVB-S2/T2.

La diffusion et la réception de l'image en le Full HD sur 1080p (1920 x 1080 px) et la 4K s'appuie sur une définition de 3840 x 2160 px. HD et Full HD reposaient ainsi sur la norme de codage vidéo H.264/AVC.

La valeur ajoutée que représente l'UHD s'articule autour de trois vecteurs qui sont indispensables: une résolution multipliée par quatre c'est-à-dire l'actuelle Full HD (1920 x 1080 pixels) double sa résolution en horizontal et en vertical, une augmentation de la fréquence images c'est ce qu'on appelle communément HFR, High Frame Rate (Haute cadence image et une meilleure restitution des teintes c.à.d. que le codage des teintes passe de 8 bits (16 millions de couleurs) à 10 bits (1 milliard 73 millions de couleurs) voire 12 bits.

L'occupation du canal de notre multiplex R1 va s'étendre dans la fourchette comprise entre 21 et 69 suivant les normes GE06 et sera installée suivant le réseau SFN qui consiste à utiliser les mêmes fréquences (isofréquence ou SFN [single Frequency Network]) dans chaque zone de couverture c.à.d. une fréquence unique nous servira pour diffuser les programmes dans la ville de Kinshasa et de Matadi.

3 MATERIELS ET METHODES

Nous présentons les matériels et la méthodologie utilisée pour le développement de cet article.

3.1 MATERIELS

Les matériels et équipements nécessaires utilisés pour le déploiement du multiplex TNT sont les suivants:

- Multiplex DVD-T2/HD;
- Mesureur de champ;
- Codage MPEG-2/MPEG-4;
- Module d'Accès conditionnel (Cryptage et Embrouillage);
- Module FEC/Reed-Solomon, convolutif/DVB-T;
- Module FEC/LDPC/BCH;
- Modulateur OFDM;
- Emetteur multiplex/DVB-T2;
- Recepteur TNT avec Tuner intégré DVB-T2/HD.

3.2 METHODES

La mise en place du multiplex R1 sera installée dans les deux villes Kinshasa et Matadi suivant la norme DVB-T2/HD optée par la RDC. Il sera composé de 12 chaînes TNT (RTNC1, France 24, Bosolo TV, RTG@, Antenne A, RTCE, Mercure TV, RTNC3, TOP Congo, RFI, BBC et GPB) qui seront configurés en bande UHF sur la fréquence de 482,166MHz sur canal22. La simulation en Comsol multiphysics de la diffusion a été effectuée en un banc d'essai au niveau du Laboratoire de télédistribution de l'Institut Supérieur des Techniques Appliquées. La transmission du signal TNT entre les deux sites s'effectue par une liaison satellitaire suivant la norme DVB-S2 avec une fréquence montante de 5,85 GHZ et celle 7,75 GHZ de liaison descendante en bande C tandis que la diffusion hertzienne des programmes de 12 chaînes de télévisions numériques composant le Multiplex TNT R1 s'effectuera en mode DVB-T2 en temps réel entre les deux villes.

3.3 ETAT DE LIEU DE DEUX VILLES KINSHASA ET MATADI

La mise en place d'un multiplex R1 de la télévision numérique terrestre à Haute Définition sera effectuée au niveau des émetteurs TNT installés respectivement à Kinshasa et à Matadi pour transmettre le signal TS par satellite suivant la norme DVB-S2.

Kinshasa est la capitale et la plus grande ville de la République Démocratique du Congo (RDC). Elle a à la fois le statut administratif de ville et de province. Située sur la rive sud du fleuve Congo au niveau du Pool Malebo, elle fait face à la capitale de la République du Congo, Brazzaville.

Matadi a été découverte en août 1877 par Henry Morton Stanley après son périple à travers le continent de Zanzibar à Boma; situé à l'embouchure maritime du fleuve Congo, devient la tête de port de chemin de caravaniers. Lorsque débute la construction de la ligne de chemin de fer Matadi-Stanley Pool (Kinshasa) en 1890, ce territoire devient un poste. Non loin de ce site, les inscriptions historiques de Diego Cão, le premier explorateur du Congo, qui les a gravées sur une pierre en 1487 permettent d'ouvrir l'histoire précoloniale de la Province – et même du pays.

4 RESULTATS

Après la mise en place d'un multiplex expérimental R1 TNT DVB-T/SD comme le montre la figure 2, nous avons effectué une implémentation d'un multiplex R1 TNT DVB-T2 définitif dans la ville de Kinshasa et de Matadi.

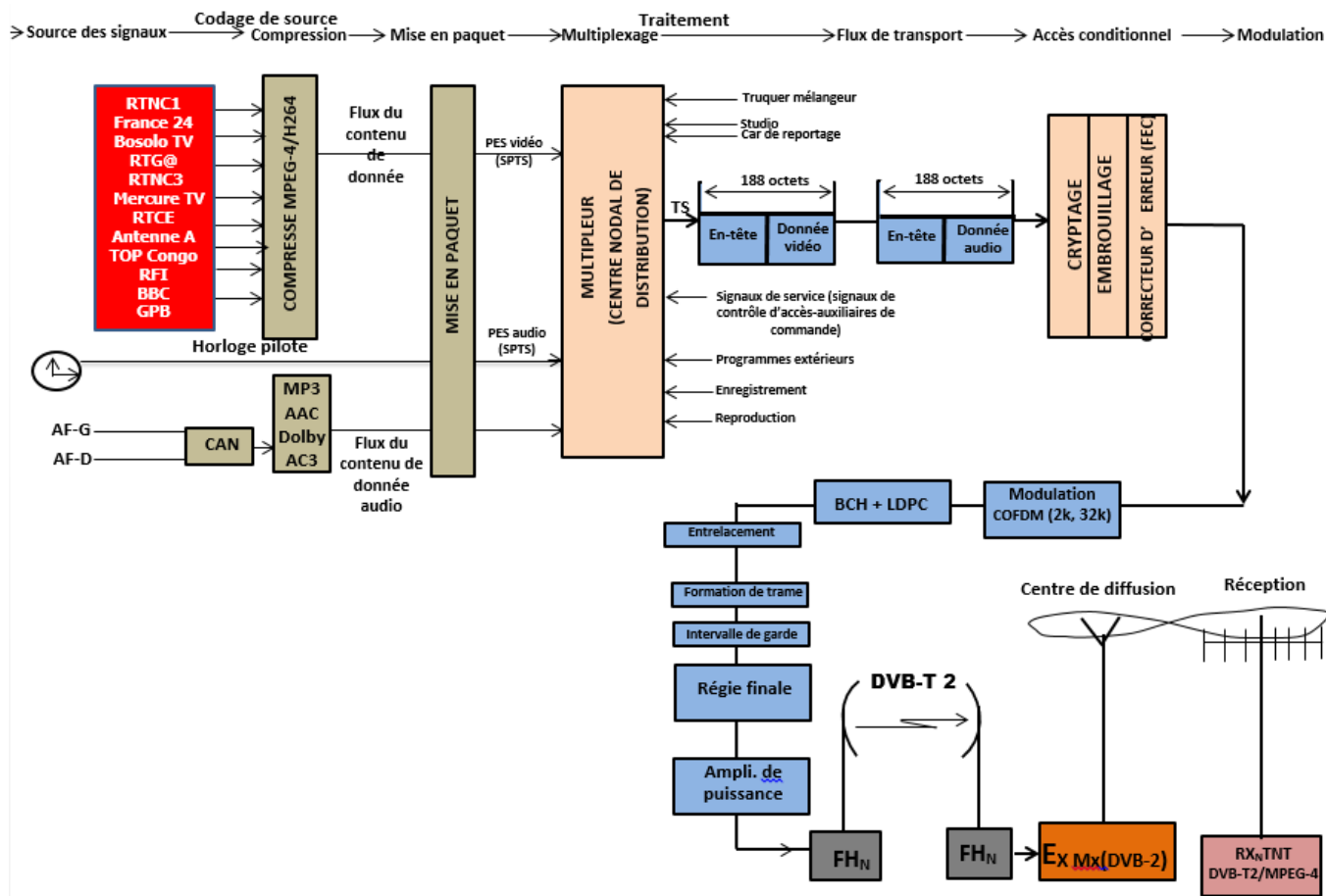


Fig. 2. Déploiement du multiplex R1 suivant les normes DVB-T2-HD/MPEG-4

Nous avons établi une liaison satellitaire (DVB-S2) entre les deux villes pour transmettre le signal TS. Ainsi, les programmes du multiplex R1 composé de 12 chaînes seront diffusés respectivement dans la ville de Kinshasa et Matadi et leurs environs suivant la norme DVB-T2 /HD. La distance à vol d'oiseau entre Kinshasa et Matadi est de 262,06 km et de 346,34 Km à trajet par route en 4 h 11 min (Cfr. Fig. 3)



Fig. 3. Distance entre Kinshasa-Matadi

Nous avons choisi la norme DVB-T2 à la place du standard DVB-T parce que cette norme Européenne de deuxième génération a été adoptée par la RDC suite à sa robustesse dans sa modulation, sa compression par rapport à d'autres normes, le plus évolué, par une grande efficacité spectrale et l'élargissement de la bande passante et le meilleur aussi bien du point de vue technologique, social qu'économique.

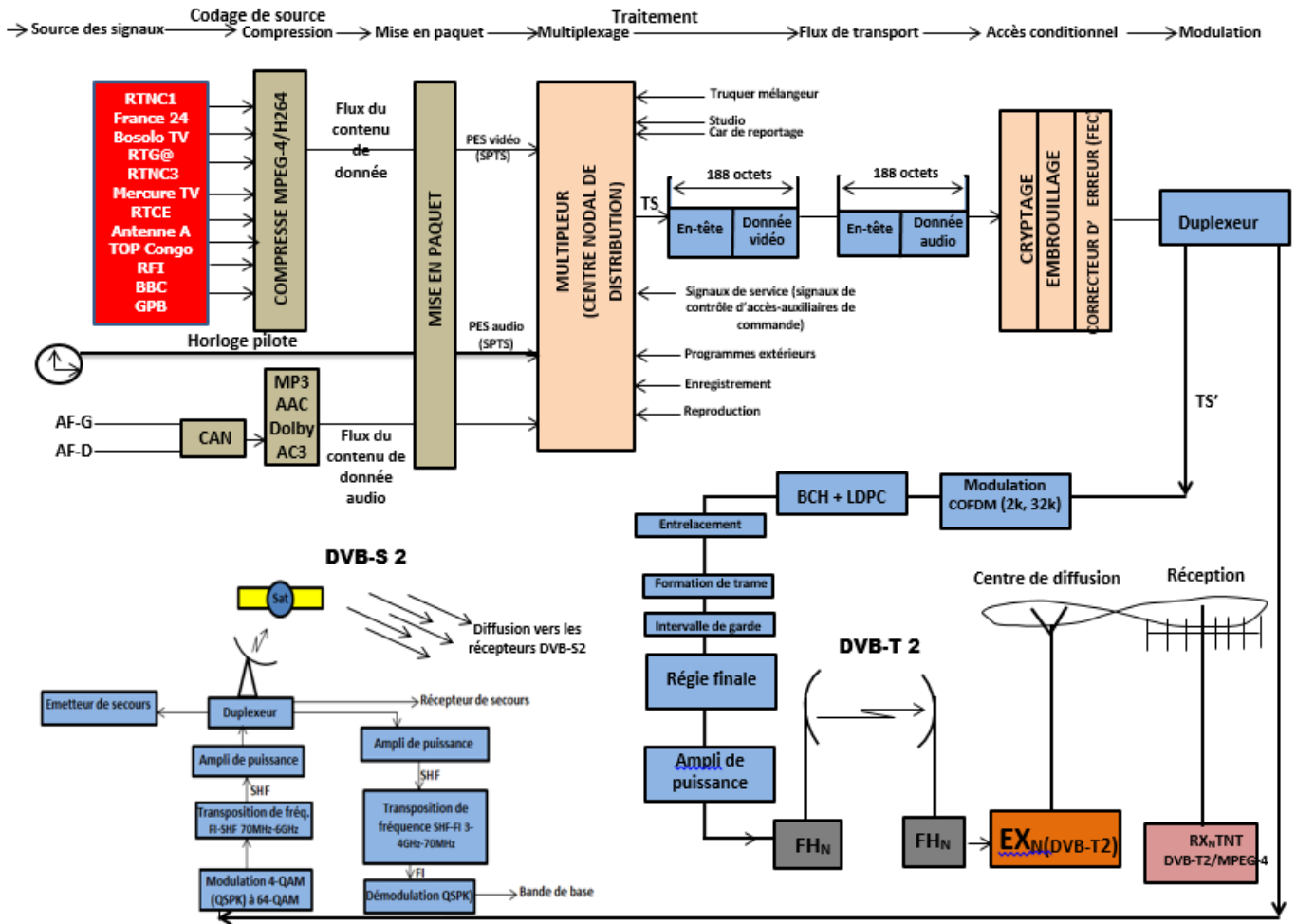


Fig. 4. Déploiement du multiplex R1 suivant les normes DVB-T2-HD/MPEG-4 et DVB-S2-HD/MPEG-4

Les abonnés auront la possibilité avec le nouveau décodeur HD de constater une amélioration considérable en termes de qualité d'images proposées qui peuvent aller jusqu'à quatre fois supérieure en temps normal. Cela vaut aussi pour la qualité du son qui est nettement améliorée. La figure 4 représente la mise en place d'un multiplex R1 de la TNT à haute définition (DVB-T2/TNT-HD) suivant les normes DVB-S2/T2 axe: Kinshasa-Matadi.

Deux multiplex R1 seront installés l'un à Kinshasa et l'autre à Matadi avec une même configuration et contenant 12 chaînes TNT et DAB. Les programmes seront visionnés par les téléspectateurs des deux villes et leurs environs.

La compression vidéo (MPEG-4 AVC/H.264) /DVB-T2/HD), audio (MPEG-4 AAC) et données auxiliaires (MPEG-4 AVC), nous permettra de réduire la taille (débit) des données pour le stockage et la meilleure transmission. Le flux du contenu des données sera mis en paquet et subira un multiplexage fréquentiel avant d'être transmis à la réception numérique via le codage de canal (correction d'erreur, FEC) et l'accès conditionnel (Cryptage, embrouillage...). Ces signaux numérisés et compressés sont appelés SPTS (Single Program transport Stream) suivant la norme MPEG-4 ou H264 à l'entrée du multiplexeur.

Au niveau du multiplexage qui est le centre nodal de la chaîne, on va ajouter les signaux auxiliaires, des données de commande, les impulsions, les données du Lan, les mires, et les signaux de commande de contrôle d'accès. Le signal d'horloge nous permettra aussi de cadencer le rythme du signal TS (0,1) et la synchronisation entre l'encodeur et le décodeur.

L'Accès Conditionnel (AC) ou le contrôle d'accès désigne en télédiffusion un système permettant de limiter l'accès de certaines chaînes, programmes ou services à un ou plusieurs abonnés ou usagers. Ce principe est généralement lié au: Cryptage; Embrouillage et le FEC (Farward Error Correction). Ces éléments sont d'une importance capitale pour l'implémentation d'une chaîne de télévision numérique TNT-HD (DVB-T2).

Le signal TS modulé en OFDM (Stream Program) sera transmis du Multiplex de Kinshasa vers le Multiplex de Matadi via le satellite. Une partie du signal sera rayonné dans la ville de Kinshasa suivant la norme DVB-T2 et capté par les téléspectateurs

via une antenne <<râteau>> et l'autre sera transmis aux habitants de la ville de Matadi via le standard DVB-S2 via une antenne parabolique. Les émetteurs TNT rayonneront les signaux des chaînes suivantes: RTNC1, France 24, Bosolo TV, RTG@, Antenne A, RTCE, Mercure TV, RTNC3, TOP Congo, RFI, BBC et GPB pour offrir aux téléspectateurs des programmes numériques de bonne qualité avec l'intégration des autres services notamment: l'internet, la téléphonie, la téléachat, etc.

Le résultat final de la mesure du taux d'erreurs binaires en valeur relative obtenu après la mise en place du multiplex R1 suivant les normes DVB-T2-HD/MPEG-4 et DVB-S2-HD/MPEG-4 est l'amélioration de la qualité des images et du son. Cette valeur est comprise entre 10^{-5} et 10^{-8} pour le niveau de 55 dB μ V pour le CBER et de VBER (cfr tab.1). La mesure de la qualité du signal TS s'effectue en BER (Bit Error Rate) TEB en français: Taux d'erreurs binaires en valeur relative).

Tableau 1. Mesures de la qualité des images filtrées

Niveau à l'antenne	Qualité de l'image	CBER	VBER
55 dB μ V	Très bonne	$< 10^{-5}$	$< 10^{-8}$
50 dB μ V	Minimum recommandé	10^{-4}	10^{-7}

Pour un niveau à l'antenne de 55 dB μ V, la qualité d'antenne est très bonne avec un CBER inférieur à 10^{-5} et un VBER à 10^{-8} . Pour un niveau à l'antenne de 50dB μ V, la qualité d'antenne est minimum recommandé avec un CBER inférieur à 10^{-4} et un VBER à 10^{-7} .

5 CONCLUSION

La mise en place d'un multiplex avec douze chaînes de télévision à Haute Définition (HD) dont la production du signal TS s'effectue à partir de la ville de Kinshasa (Emetteur multiplex), transmis via une liaison satellitaire (DVB-S2) au multiplex situé dans la ville de Matadi (Emetteur multiplex) suivant la norme DVB-T2. Ainsi, les chaînes gratuites ou payantes MPEG-4/HD/SD/DVB-T/DVB-T2 pourront toujours être reçues par l'ensemble des récepteurs (décodeurs) avec un tuner intégré TNT-/SD-HD/MPEG-4/DVB-T2. Cela signifie que les décodeurs DVB-T2/ MPEG-4 pourront recevoir les émissions produites par les encodeurs DVB-T/SD/MPEG-2. Pour améliorer la portée et la couverture du signal TS modulé, nous avons opté le standard DVB-T2/HD par rapport à la norme TNT-SD/MPEG-2/DVB-T suite à sa robustesse dans sa modulation QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM (OFDM ou COFDM), sa compression par rapport à d'autres normes, le plus évolué, par une grande efficacité spectrale et l'élargissement de la bande passante est le meilleur aussi bien du point de vue technologique, social qu'économique. En RDC, les téléviseurs 4K/HDTV représentent non seulement une nouvelle ère pour les téléspectateurs en termes d'expérience de visionnage, mais ils constituent également un atout exceptionnel dans le monde de la technologie. L'introduction des téléviseurs 4K/HD a été bien accueillie en RDC, le taux élevé de vente du téléviseur le confirmant par wazaprice.com/prix-4K Congo-Kinshasa.

REMERCIEMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Benoît, H., La Télévision numérique: Satellite, câble, TNT, ADSL, TV mobile, 5ème édition Dunod, Paris, 259, 2010.
- [2] Mihaylov, G., & Ivanova, E., Analysis and Estimation of the Field Strength of Digital Terrestrial Television Broadcasting. The Journal of CIEES, 1 (1), 17-22, 2021.
- [3] Ahsan, M. S., Selecting technologies for the digital TV switchover in Bangladesh. Journal of Digital Media & Policy, 13 (1), 89-106, 2022.
- [4] Ariansyah, K., & Yuniarti, D., Understanding the adoption of digital terrestrial, cable-based, and satellite-based television to speed up the analogue switch-off in Indonesia. Telematics and Informatics, 62, 101633, (2021).
- [5] Besson, R., Réception numérique et analogique, Satellite, câble, Télévision Numérique Terrestre, Web TV, Edition DUNOD, Paris, 276, 2002.
- [6] Muller, J. La télévision numérique terrestre, Edition Dunod, p. 220, 2014.