**Introduction générale**

La radio demeure pour l’homme l’un des outils incontournables pour disposer de l’information, se divertir, être en phase avec l’actualité culturelle et les problèmes sociaux de son pays et du monde entier. Elle a non seulement survécu à l’introduction de la télévision, mais elle a prospéré et s’est développée. Depuis le début de la radiodiffusion au début des années 1920, le marché est largement couvert par les systèmes de radiodiffusion audio AM et FM [1].

Aujourd’hui, nous vivons dans un monde de systèmes et de services de communication numérique. En effet, lors de la Conférence Régionale des Radiocommunications (CRR) de l’UIT (Union Internationale des Télécommunications) tenue à Genève du 15 mai au 16 juin, un traité international (Accord GE06) a fixé au 17 juin 2020 la disparition des

systèmes de radiodiffusion sonore analogique [4]. Par conséquent, les systèmes de transmission de radiodiffusion ont désormais tendance à passer de la transmission analogique conventionnelle au numérique [1].

Le système de radiodiffusion FM actuel est en train d’être remplacé progressivement par le système de Radiodiffusion Numérique Terrestre (RNT) dans de nombreux pays du monde [2].

Au Bénin le mode de diffusion de la radio reste la diffusion analogique en bande FM.

C'est dans l’optique d’innover et de développer l’industrie numérique au Bénin, que le présent travail a été initié. Il porte sur la Migration de la radiodiffusion FM vers la radio numerique terrestre au Bénin.

Pour bien cerner ce thème nous avons divisé l'ouvrage en cinq grandes parties.

En premier lieu, nous allons mener une étude comparative des normes existantes de la RNT en vue de choisir la norme adéquate pour le Bénin, puis étudier de manière approfondie cette norme choisie.

Dans la deuxieme partie, nous allons impléménter la chaine de la norme identifiée et quantifier l'apport de la rotation de constellation dans cette chaine.

Pour la troisieme partie, nous allons décrire la migration de la radio FM vers la RNT, tout en proposant une architecture de déploiement au Bénin. Enfin nous allons évaluer l'impact de cette migration sur les acteurs de l'ecosytème RNT.

**Contexte et justification**

La radio numérique terrestre, permet à l’instar de la FM, la diffusion des programmes de radio par voie hertzienne. Contrairement à la radio analogique hertzienne FM où une fréquence ne permet de transmettre qu’une radio, chaque fréquence en RNT véhicule plusieurs services radios qui sont groupés dans un multiplex [6].

La RNT présente de nombreux avantages tels que : une meilleure qualité de diffusion et de réception, la diffusion de plusieurs radios sur la même fréquence ce qui permettrait une meilleure utilisation du spectre de fréquences, les coûts de transmission pour les fournisseurs de réseaux d’émetteurs sont réduits pour la transmission numérique et un émetteur RNT n’a besoin que d’une fraction de l’énergie électrique par rapport à un émetteur FM conventionnel [1] . Ces avantages de la RNT justifient son introduction dans le monde des médias afin de remplacer progressivement les systèmes radio conventionnels existants. Nous nous intéresserons donc au déploiement de la RNT au Bénin.

**Problématique**

La diffusion FM reste aujourd’hui le seul mode d’écoute de la radio au Bénin. Elle offre des atouts, à la fois pour l’auditeur et pour les éditeurs. Mais la transmission analogique en FM rencontre de plus en plus ses limites de capacités. Le signal analogique subit une dégradation non contrôlée lors de sa propagation et la correction des erreurs de transmission à la réception est complexe [4]. De plus,

la bande de 87.5 à 108 MHz destinée à la diffusion FM commence à se saturer [5]. L’autorité de régulation a plusieurs demandes de licence qu’il n’arrive pas à satisfaire en raison de cette pénurie de fréquences. Ces problèmes de la diffusion analogique limitent les possibilités de disposer d’un même programme de manière continue sur tout ou une partie du territoire. Le passage à la RNT, va permettre de pallier aux insuffisances de la FM, d’innover dans le domaine de la radiodiffusion

et d’offrir une expérience plus riche aux auditeurs.

**Objectif du projet**

Ce travail a pour objectif de proposer et d’évaluer un système de

radiodiffusion numérique terrestre pour le Bénin en se basant sur l’infrastructure existante. Plus spécifiquement, il s'agira :

* d'implémenter et de simuler la chaine de transmission du système DAB+ que nous avions identifiée adéquate pour le Bénin
* d'intégrer la rotation de constellation dans la chaine pour l’amélioration des performances de cette norme
* Proposer une architecture de déploiement de la RNT au Bénin en se basant sur l'existant
* d'implémenter et de simuler l’architecture proposée
* d'évaluer l'impact de la migration sur les acteurs de l'ecosyteme RNT

**Chapitre I: Etude comparative des normes de la RNT**

Pour assurer la fiabilité des systèmes de radiodiffusion numérique terrestre, différents standards ont été élaborés. Il s’agit des normes européennes adoptées ou utilisées par la plupart des pays d’Europe lors de la mise en service du système de Radiodiffusion Numérique Terrestre. Le présent chapitre permettra de comparer ces normes en vue d'identifier une pour le Bénin.

**Présentation des normes**

**1- Digital Audio Broadcasting (DAB)**

Le DAB constitue le premier système de la radiodiffusion numérique terrestre. La norme DAB a été élaborée vers 1990 dans le cadre du programme européen de recherche et de développement Eureka et normalisée en 1997. Les bandes de fréquences retenues pour la radiodiffusion sonore numérique DAB sont **les bandes III en VHF (174 à 239 Mhz) ainsi que la bande L (1452 Mhz à 1492Mhz)** [3]**.** Le format de compression utilisé par la norme DAB est le **MPEG-1/-2 Layer II** [3]. Pour protéger le message émis par la source contre les pertubations du canal le système utilise le codage convolutif. Comme technique de modulation le système est basé sur la modulation multiporteuse OFDM.

Schéma

La norme DAB a connu des améliorations et a donné naissance aux normes DAB+ et T-DMB.

**2- La norme DAB+**

La norme DAB+ est la 2ème génération de la norme DABet a été publiée en 2007. Elle s’appuie sur la couche physique du DAB

En effet, des travaux ont été réalisés dans le cadre de l’amélioration de la norme initiale DAB. Ainsi nous avons : [4]

* Une nouvelle technique de compression audio : **MPEG-4 AAC** quiest utilisée avec le DAB+.
* Une protection supplémentaire de la trame audio MPEG-4 par un **code de bloc Reed-Solomon**
* La possibilité d'héberger trois fois plus de services.

**3- Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (TDMB)**

La radiodiffusion multimédia numérique (T-DMB) est une technologie de transmission radio numérique développée en Corée du Sud dans le cadre d’un projet informatique national pour l’envoi des données multimédia tels que la télévision, la radio et la diffusion de données sur des appareils mobiles [6].

La norme a été normalisée au sein de la famille de normes européennes qui définissent le standard DAB par le forum WorldDAB. Elle constitue une évolution du DAB qui offre des capacités multimédia.

Elle utilise le MPEG-4 (H.264) pour la vidéo et le HE-AAC v2 (High Efficiency-Advanced Audio Coding) pour l’audio [4]. La norme T-DMB est très peu utilisée dans le monde. Elle est utilisée dans les pays tels que : Corée du Sud, Chine, Inde. Cette norme n’a vraiment pas réussi contrairement au DAB+ [7].

schéma

**4-Digital Radio Mondiale (DRM)**

La norme DRM [ETS 101980] a été créé en 2000. Elle a été développée pour remplacer la radiodiffusion analogique dans toutes ses bandes de fréquences. Deux modes d’exploitation du système sont normalisés :

* **DRM30 (DRM)**

La norme est destinée à la bande de fréquences de 30 kHz à 30 MHz, dans laquelle le service AM était normalement transmis.

* **DRM+**

DRM+ est une extension de DRM30 qui a été développée et destinée aux fréquences supérieures à 30 MHz. La norme utilise le spectre de fréquences allant de 30MHz à la bande III en VHF et centré sur la bande II de diffusion en FM.

Les émissions DRM30/DRM+ utilisent les modes de modulation QAM, QPSK et la modulation multi-porteuse OFDM. La méthode de protection contre les erreurs est le codage convolutif. [4] La norme utilise le MPEG4 pour le codage source.

schéma

**TABLEAU RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES NORMES**

**Comparaison des normes**

**- DAB+ et TDMB**

**DAB+ et T-DMB** constituent des améliorations du DAB. Ces deux normes présentent des similarités. Elles utilisent un codage audio plus efficace et également un codage FEC supplémentaire, Reed-Solomon, ce qui permet une meilleure protection contre les erreurs.

.

La norme T-DMB permet des données associées plus riches qu’en DAB+. Elle permet grâce à ses composantes MPEG-4 vidéo la mise en œuvre de services interactifs, de vidéo contrairement au DAB+ [7].

Néanmoins T-DMB permet de diffuser moins de radios que le DAB+ et est plus gourmand en bande passante [7].

La norme TDMB n’est actuellement utilisée en radio dans aucun pays européen en dehors de la France qui a opté pour elle. Pour permettre donc une harmonisation au niveau européen le choix est porté sur le DAB+ .

De plus pour les éditeurs, le DAB+ permettra une meilleure utilisation de la ressource spectrale que le TDMB.

**- DRM et DAB+**

Les normes DRM et DAB+ offrent aux auditeurs une expérience radio équivalente.

La norme DAB+ offre la possibilité de multiplexage de plusieurs chaines radio contrairement au DRM qui offre un petit multiplex de 1 à 3 programmes audio.

Pour une architecture ayant plusieurs programmes radios on utilisera plus d’émetteurs avec la norme DRM+ que la norme DAB+. Ce qui engendrera un coût d’investissement important et aussi une grande consommation en énergie [11].

**CHOIX ET JUSTIFICATION DE NORME**

Sur la base des comparaisons précédentes, la norme DAB+ serait plus adaptée pour remplacer la FM dans l’environnement Béninois.

La plupart des travaux européens en la matière préconisent une norme unique qui serait le DAB+, qui est donc déployée dans les pays européens. Les modèles de récepteurs sont donc pour la plupart compatibles avec le DAB/DAB+. De plus cette norme permettra une meilleure gestion de la ressource spectrale et aussi une réduction des coût de diffusion par rapport aux autres normes.

Le choix de la norme RNT pour le Benin sera donc le DAB+ au regard de ses avantages et du succès de son déploiement dans les autres pays.