

# Table de matières

<b>Dédicace</b> .....	<b>2</b>
<b>Remerciement</b> .....	<b>3</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>Table de matières</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>8</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>9</b>
<b>Liste des acronymes</b> .....	<b>10</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>12</b>
<b>Chapitre I : Présentation et contexte général du projet</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>14</b>
<b>2. Présentation de l'organisme d'accueil</b> .....	<b>14</b>
2.1 Historique de la chaine .....	14
2.2 2M en chiffres .....	15
<b>3. Organigramme général</b> .....	<b>15</b>
<b>4. Direction Réseau et développement régional</b> .....	<b>16</b>
4.1 Activités.....	16
4.2 Organigramme.....	17
<b>5. Présentation du projet</b> .....	<b>17</b>
5.1 Contexte.....	17
5.2 Problématique.....	18
5.3 Objectifs du projet .....	19
5.4 Tâches prévisionnelles .....	19
<b>6. Conclusion</b> .....	<b>20</b>
<b>Chapitre II : Etat de l'art sur la transmission numérique au Maroc</b> .....	<b>21</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>22</b>
<b>2. Les plateformes SCPC et MCPC de Soread 2M</b> .....	<b>22</b>
2.1. La plateforme SCPC.....	22
2.1.1. Définition du SCPC .....	22
2.1.2. Architecture générale de la plateforme SCPC .....	22
2.1.3. Etude technique.....	24
2.1.4. Avantages et inconvénients.....	25
2.2. La plateforme MCPC de Soread 2M.....	26
2.2.1. Définition de MCPC .....	26

2.2.2.	Architecture générale de la plateforme MCPC .....	26
2.2.3.	Etude technique.....	29
2.2.4.	Avantages et inconvénients.....	31
2.3.	Comparaison entre SCPC et MCPC.....	32
<b>3.</b>	<b>La plateforme TNT de la SNRT .....</b>	<b>32</b>
3.1.	Présentation .....	32
3.2.	Tête de réseau national .....	33
3.3.	Site d'émission .....	34
3.4.	Avantages et inconvénients .....	35
<b>4.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>36</b>
<b>Chapitre III : Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial .....</b>		
		<b>37</b>
<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>38</b>
<b>2.</b>	<b>Solution DTT DVB-T/T2 de THOMSON .....</b>	<b>38</b>
2.1	Présentation .....	38
2.2	National Headend .....	38
2.2.1	Architecture du réseau .....	38
2.2.2	Composantes du réseau .....	39
<b>3.</b>	<b>Solution globale DVB-T2 d'ENENSYS.....</b>	<b>40</b>
3.1	Présentation .....	40
3.2	Solution de bout-en-bout DVB-T2.....	41
3.2.1	Architecture du réseau .....	41
3.2.2	Composants du réseau.....	41
<b>4.</b>	<b>Solution DVB-T2 d'ATEME.....</b>	<b>42</b>
4.1	Présentation .....	42
4.2	Solution Ate me pour DVB-T2 .....	43
4.2.1	Architecture du réseau .....	43
4.2.2	Composants du réseau.....	43
<b>5.</b>	<b>La plateforme Nimbra de Net Insight.....</b>	<b>45</b>
5.1	Présentation .....	45
5.2	La plateforme Nimbra de Net Insight pour DTT .....	45
5.2.1	Architecture du réseau .....	45
5.2.2	Composants du réseau.....	46
<b>6.</b>	<b>Solution R&amp;S®AVHE100 de Rohde&amp;Schwarz .....</b>	<b>48</b>
6.1	Présentation .....	48
6.2	La tête de réseau R&S®AVHE100 de Rohde&Schwarz.....	48

6.2.1	Architecture du réseau .....	48
6.2.2	Composants du réseau.....	49
<b>7.</b>	<b>Comparaison.....</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>51</b>
<b>Chapitre IV : Solution OneBeam de diffusion DTH+DVB-T2 d'ENENSYS .....</b>		<b>52</b>
<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>53</b>
<b>2.</b>	<b>Présentation de la solution OneBeam DTH+DVB-T2 .....</b>	<b>53</b>
2.1.	Architecture de OneBeam .....	53
2.2.	Avantages .....	54
2.3.	Déploiement de la solution par SOREAD 2M .....	54
<b>3.</b>	<b>Etude technique.....</b>	<b>56</b>
3.1.	T2 Gateway DTH .....	56
3.2.	ASI-IP-Guard .....	57
3.3.	T2Edge DTH.....	58
3.4.	Netmod II DTTV .....	59
3.5.	Synchronisation GPS.....	60
3.5.1.	Introduction.....	60
3.5.2.	EC20S Epsilon GPS Clock .....	60
3.6.	Up-conversion SD/HD .....	62
3.6.1.	Introduction.....	62
3.6.2.	Up-conversion SD/HD .....	62
3.6.3.	SDI Up-converter IQUPC30.....	64
3.7.	Gestion de réseau.....	65
3.8.	Opérateur satellite.....	65
<b>4.</b>	<b>Etude financière .....</b>	<b>67</b>
4.1.	Calcul du coût total du projet .....	67
4.2.	Financement du projet.....	68
<b>5.</b>	<b>Feuille de route .....</b>	<b>69</b>
5.1.	Approche de mise en place de la plateforme TNT HD .....	69
5.2.	Cadre juridique .....	70
<b>6.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>71</b>
<b>Conclusion.....</b>		<b>72</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>73</b>

# Liste des figures

Figure 1 : Organigramme général de SOREAD 2M .....	15
Figure 2 : Organigramme du département réseau .....	17
Figure 3 : Diagramme de Gantt du projet .....	20
Figure 4 : Baie d'émission (à gauche) et baie de réception (à droite) 2M National .....	23
Figure 5 : schéma synoptique de la plateforme SCPC.....	23
Figure 6 : Antenne parabolique d'émission .....	25
Figure 7 : Baie d'émission et baie de réception MCPC .....	27
Figure 8 : Schéma synoptique de la plateforme MCPC .....	28
Figure 9 : Antenne Offset de la plateforme MCPC.....	31
Figure 10 : Architecture de la tête de réseau nationale TNT .....	34
Figure 11 : Architecture du site d'émission TNT de la SNRT à Casablanca .....	35
Figure 12 : Architecture de la tête de réseau national THOMSON .....	39
Figure 13 : Réseau général DVB-T2 SFN d'ENENSYS .....	41
Figure 14 : Architecture du réseau global DVB-T2 d'ENENSYS.....	41
Figure 15 : Architecture général DVB-T2 SFN d'ATEME .....	43
Figure 16 : Architecture de la plateforme DVB-T2 d'ATEME .....	43
Figure 17 : Réseau DTT et télévision mobile NIMBRA .....	46
Figure 18 : La plateforme R&S®AVHE100.....	48
Figure 19 : Architecture du réseau de la plateforme R&S®AVHE100 .....	48
Figure 20 : R&S AVG100 audio/video Gateway .....	49
Figure 21 : R&S AVS100 audio/video processing platform.....	50
Figure 22 : Architecture de la plateforme OneBeam DTH+DVB-T2 .....	53
Figure 23 : Exemple de déploiement de la solution par SOREAD 2M .....	55
Figure 25 : T2Gateway DTH d'ENENSYS .....	56
Figure 26 : Switch ASI-IP-Guard d'ENENSYS.....	57
Figure 27 : Mécanisme de redondance 1+1 d'ASI-IP-Guard .....	57
Figure 28 : Adaptateur T2-Edge DTH d'ENENSYS.....	58
Figure 29 : Modulateur Netmod II DTTV d'ENENSYS.....	59
Figure 30 : EC20S Epsilon GPS Clock de SPECTRACOM .....	60
Figure 31 : Synchronisation des T2Gateways .....	61
Figure 32 : Up-conversion par Elargissement (Stretch) .....	62
Figure 33 : Conversion SD (720x576) en HD (1280x720) .....	63
Figure 34 : Up-conversion d'une ligne 720 pixels/ligne vers 1280 pixels/ligne.....	63
Figure 35 : SDI Up-converter IQUPC30 de Snell Group.....	64
Figure 36 : Exemple d'interface de Dataminer .....	65
Figure 37 : Couverture Nord Ouest d'Eutelsat 7WA.....	66
Figure 38 : Répartition des coûts.....	68

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Plan de passage à la radiodiffusion numérique pour les pays arabes.....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 2 : Caractéristiques de l'amplificateur CPI.....</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 3 : Comparaison entre SCPC et MCPC.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 4 : Avantages et inconvénients des solutions DTT .....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 5 : Caractéristiques physiques du T2 Gateway DTH .....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau 6 : Caractéristiques physiques du ASI-IP-Guard .....</b>	<b>58</b>
<b>Tableau 7 : Caractéristiques physiques du T2-Edge DTH .....</b>	<b>59</b>
<b>Tableau 8 : Caractéristiques physiques du NetMod II DTTV.....</b>	<b>60</b>
<b>Tableau 9 : Caractéristiques physiques d'EC20S Epsilon GPS Clock .....</b>	<b>61</b>
<b>Tableau 10 : Les entrées/sorties du SDI Up-converter IQUPC30 de Snell Group .....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau 11 : Coût total du projet .....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau 12 : Etapes de la mise en place de la plateforme et durées .....</b>	<b>70</b>

# Liste des acronymes

<b>ACM</b>	<b>Adaptive Coding and Modulation</b>
<b>ADPC</b>	Automatic Adaptive Digital Pre-correction
<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>ASI</b>	Asynchronous Serial Interface
<b>ASO</b>	Analog Switch Off
<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee
<b>AVC</b>	Advanced Video Coding
<b>AWGN</b>	Additive White Gaussien Noise
<b>BCH</b>	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
<b>BER (TEB)</b>	Bit Error Rate (Taux d'erreur binaire)
<b>BISS</b>	Basic Interoperable Scrambling System
<b>BUC</b>	Block Up Converter
<b>CAPEX</b>	Capital Expenditure
<b>CCM</b>	Constant Coding and Modulation
<b>DAB</b>	Digital Audio Broadcasting
<b>DRM</b>	Digital Rights Management
<b>DTH</b>	Direct To Home
<b>DVB</b>	Digital Video Broadcasting
<b>DVB-S/S2</b>	Digital Video Broadcasting Satellite /Satellite 2
<b>DVB-T/T2</b>	Digital Video Broadcasting Terrestre / Terrestre 2
<b>DVB-H</b>	Digital Video Broadcasting
<b>EPG</b>	Electronic Program Guide
<b>FDM</b>	Frequency Division Multiplexing
<b>GE06</b>	Genève 2006
<b>GLONASS</b>	GLObal NAVigation Satellite System
<b>GNSS</b>	Global Navigation Satellite System
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GUI</b>	Guide User Interface
<b>HbbTV</b>	Hybrid Broadcast Broadband TV
<b>HDTV</b>	High definition television
<b>HMS</b>	Headend management system
<b>ICI</b>	Inter Carrier Interference
<b>IRD</b>	Integrated Receiver Decoder
<b>ISI</b>	Inter Symbol Interference
<b>ISDB</b>	Integrated Services Digital Broadcasting
<b>KU</b>	Kurz-unten
<b>LDPC</b>	Low Density Parity Check
<b>LNA</b>	Low Noise Amplifier
<b>LNB</b>	Low Noise Block

<b>MCPC</b>	Multiple Channel Per Carrier
<b>MFN</b>	Multiple Frequency Network
<b>ModCod</b>	Taux de codage et l'ordre de la modulation
<b>MPEG</b>	Motion Picture Expert Group
<b>ONA</b>	Omnium Nord Africain
<b>OPEX</b>	Operating Expenditure
<b>PAPR</b>	Peak-to-Average Power Ratio
<b>PES</b>	Packetized Elementary Stream
<b>PLP</b>	Physical Layer Pipe
<b>PSI</b>	Program-specific information
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying
<b>RF</b>	Radio Frequency (Fréquence radioélectrique)
<b>RS</b>	Reed Solomon
<b>SCPC</b>	Single Channel Per Carrier
<b>SDI</b>	Serial Digital Interface
<b>SDTV</b>	Standard definition television
<b>SFN</b>	Single Frequency Network
<b>SNRT</b>	Société nationale de radiodiffusion et de télévision
<b>SOREAD</b>	Société d'Etudes et de Réalisations Audiovisuelles
<b>SSPA</b>	Solid State Power Amplifier
<b>SSPB</b>	Solid State Power Block
<b>STB</b>	Set-Top Box
<b>STC</b>	Salle technique de contrôle
<b>TCO</b>	Total cost of ownership
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing
<b>T-DMB</b>	Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting
<b>TNT/DTT</b>	Télévision Numérique Terrestre/ Digital Terrestrial Television
<b>TS</b>	Transport Stream
<b>VCN</b>	Variable Coding and Modulation
<b>VSAT</b>	Very Small Aperture Terminal
<b>WAN</b>	Wide Area Network

# Introduction

Le développement des chaînes de télévision est directement lié à la mise en place des réseaux de diffusion terrestre s'appuyant sur des émetteurs pour couvrir des zones spécifiques. L'arrivée de nouveaux modes de diffusion comme le câble, le satellite, l'ADSL et la TNT a donné naissance à de nouvelles chaînes et à l'utilisation de nouvelles techniques. Jusqu'à la fin des années 1980, les transmissions télévisées étaient analogiques (diffusion hertzienne de signaux électriques continus et modulés). Depuis quelques années, le recours à des technologies numériques a amélioré la qualité des images enregistrées, transmises et réceptionnées.

L'évolution de l'analogique au numérique est un mouvement mondial qui impacte l'ensemble des technologies de la société de l'information. Il est terminé dans le domaine des télécommunications, de la musique, de la photographie et de l'image, il est en cours dans celui de la télévision et en retard dans celui de la radio. Le passage à la télévision numérique permet de libérer une partie des fréquences dites « en or » qui peuvent servir à tous, à la télévision numérique mais aussi aux télécommunications, au développement économique, à l'aménagement du territoire, à la cohésion sociale et aux services publics.

C'est donc une révolution dont on voit les prémices et qui s'annonce imminente (sans doute avant la fin de l'année 2015 pour le Maroc), grâce notamment à l'amélioration continue de la taille des écrans et de la qualité des images qui imposent la généralisation d'un tel format de diffusion sur la TNT. En effet, la télévision haute définition (TVHD) numérique est déjà une réalité dans plusieurs pays. Il s'avère aussi judicieux, après avoir mesuré le taux de pénétration de la HD au Maroc, d'examiner par la suite l'existant afin d'établir des scénarios pour sa mise en place.

Ce présent rapport est le résultat de quatre mois de stage au sein de SOREAD 2M située à Ain-Sebâa Casablanca au département transmission. Il est subdivisé en 4 chapitres, le premier chapitre présente l'organisme d'accueil et le contexte général du projet, alors que dans le deuxième chapitre on étudie l'existant au niveau des systèmes de radiodiffusion satellitaire et terrestre numérique au Maroc avant de réaliser un Benchmarking des solutions DVB-T/T2 commercialisées dans le marché mondial dans le troisième chapitre. Le dernier chapitre présente une solution DTT+DTH qu'on propose pour la mise en place de la plateforme TNT de 2M en détaillant les motivations de ce choix à travers l'étude technique et financière réalisée pour cette solution.

Ce stage m'a permis de conjuguer la théorie et la pratique à travers l'exploitation directe des équipements et l'expérimentation des situations réelles au sein d'une entreprise qui représente le leader de son domaine au Maroc.



# Chapitre I

## Présentation et contexte général du projet

*Dans ce premier chapitre du rapport, nous présentons l'entreprise SOREAD 2M en citant son historique et ces activités ainsi qu'une présentation de son département réseau et le contexte général du projet.*

### 1. Introduction :

La chaîne **2M**, 2 pour « deuxième chaîne » et **M** pour Maroc, est une chaîne de télévision généraliste publique marocaine, créée le 4 mars 1989, dont le siège social est situé à Casablanca, plus précisément à Aïn Sebaâ.

La **SOREAD-2M** : Société d'Etudes et de Réalisations Audiovisuelles S.A, éditrice des services de télévision et de radio dénommés « 2M ». La SOREAD, est une société anonyme de droit marocain dont le capital social est majoritairement détenu par l'Etat la société est une société nationale de l'audiovisuel appartenant au secteur public de la communication audiovisuelle.

Le repositionnement de 2M s'est appuyé sur trois concepts : le divertissement (cinéma, fiction, feuilletons), la proximité (émissions d'information, débats...) et la curiosité ainsi que la connaissance (documentaires et magazines). Cette chaîne, désormais reçue par près de 70 % de la population, enrichit considérablement le Champ Audiovisuel Marocain et contribue davantage à l'ouverture du Maroc sur le monde.

### 2. Présentation de l'organisme d'accueil :

#### 2.1 Historique de la chaîne :

En **1988**, SOREAD issue du groupe privé Omnimium Nord Africain « **O.N.A** » après plusieurs études, elle prit l'initiative de signer avec l'Etat un contrat de concession l'autorisant à programmer et à diffuser des émissions de télévision sur l'ensemble du territoire national.

En **1989**, 2M la première chaîne privée et commerciale payante au Maroc (mais aussi en Afrique et dans le monde Arabe) démarrait le 4 mars. Elle diffusait des émissions cryptées avec deux plages en clair. Et comme toutes les chaînes à péage, elle se voulait élitiste et s'était fixée comme objectif d'atteindre en 1994 les 250 000 abonnés. Une première sélection du public s'effectue par le portefeuille via l'abonnement mensuel.

En **1996**, l'actionnaire principal de la SOREAD, l'ONA, se retire de la gestion de la chaîne qui connaissait des difficultés financières. L'État, signataire de la concession, en reprend le contrôle le 19 juin 1996 avec une participation de 68 % dans le capital.

En **1997**, après 9 ans de diffusion en semi-crypté, 2M passe en claire. Ceci a pour conséquence l'augmentation de l'audience, la diversification de la cible surtout après l'évolution de la part de la langue arabe dans les programmes. Un souffle de plus en matière de communication. En deux ans seulement, elle a pu atteindre 130 000 abonnés. Elle a fait évoluer son positionnement pour devenir une chaîne de proximité.

En **2001**, 2M internationale en clair numérique a démarré, plus précisément le 04 mars aux pays d'Afrique, L'Europe, l'Asie et le Moyen Orient intitulé «2M Maroc » diffusée en claire 24/24, une couverture sur le monde traduit par une production 2M, des documentaires, des émissions, les infos, débats, ...etc.

2M actuellement vit une nouvelle phase de changement en développant son complexe audiovisuel par le lancement des projets qualifiés comme noyau de communication externe : 2M international « diffusion numérique », le portail Internet « 2m.tv » ainsi que la Radio. 2M marque un vrai boom du paysage audiovisuel marocain. Après avoir étendu sa réception sur l'ensemble du territoire marocain à la fin des années **1990**, la chaîne est l'une des plus suivies au Maroc et est désormais la chaîne maghrébine la plus regardée dans le monde via le satellite et sa diffusion en numérique sur le câble et l'ADSL. Cette année, elle célèbre ses vingt-six ans.

## 2.2 2M en chiffres :

- **Chaîne maghrébine numéro 1** : La chaîne est la plus suivies au Maroc et est désormais la chaîne maghrébine la plus regardée dans le monde via le satellite et sa diffusion en numérique sur le câble et l'ADSL.
- **Effectifs** : 598 personnes, dont 30% de cadres.
- **Couverture** : 99% de la population marocaine.
- **Capital** : 302 371 500 Dirhams, dont 68% pour l'Etat, le reste réparti entre divers organismes financiers privés.
- **Langues de programmation** : 70% en langue arabe et à 30% en langue française.

## 3. Organigramme général :

Le diagramme suivant représente l'organigramme général de SOREAD 2M :

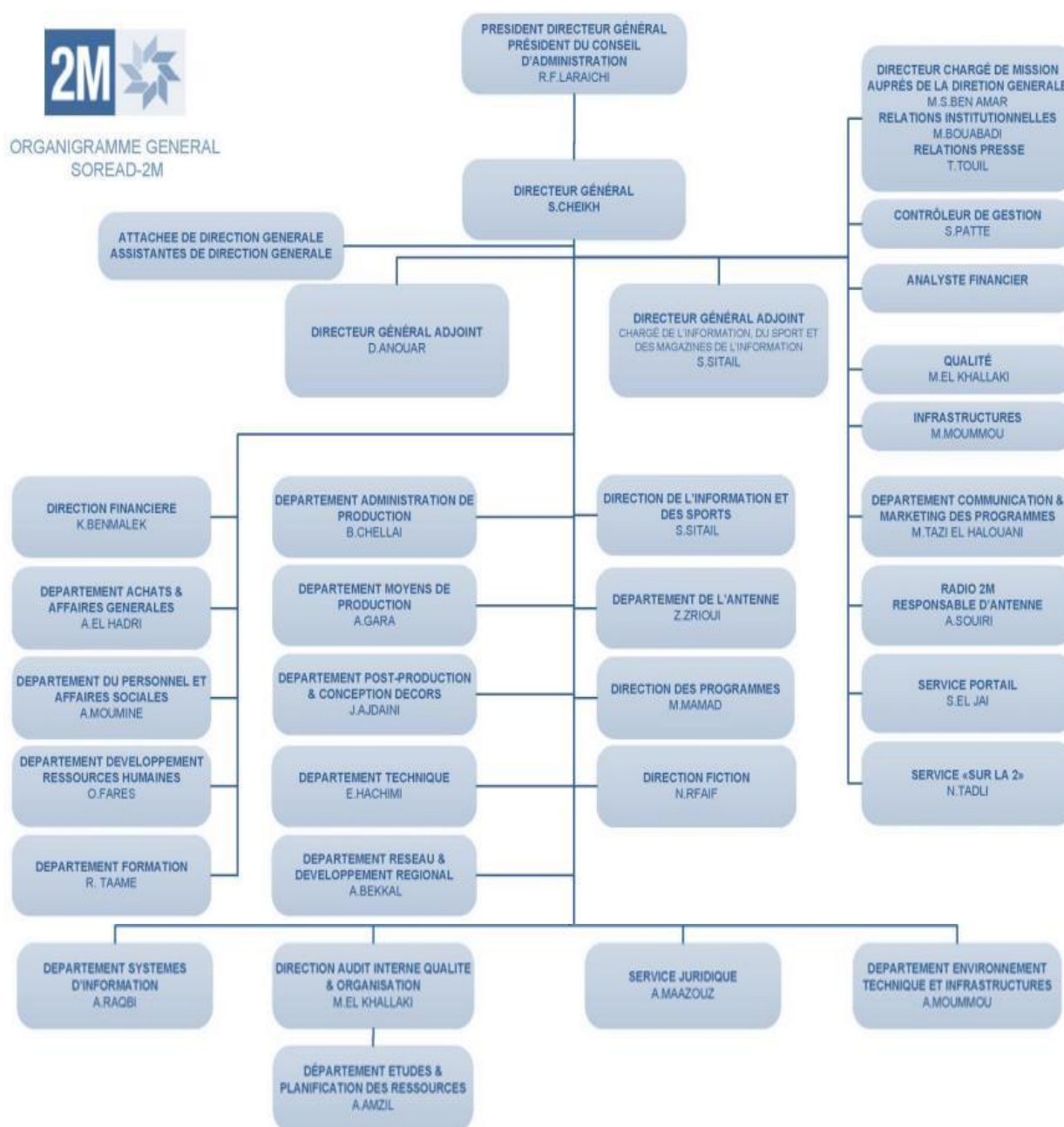


Figure 1 : Organigramme général de SOREAD 2M

### 4. Direction Réseau et développement régional :

#### 4.1 Activités :

C'est la direction qui regroupe d'une part le département de transmission et d'autre part celui de la diffusion.

##### **Département de Transmission :**

C'est le département responsable de la transmission des signaux issue de différentes sources ; régie finale et S.T.C (Salle Technique de Contrôle) vers les satellites et inversement. Pour satisfaire les besoins des journalistes en matière d'informations, le département assure les correspondances avec d'autres chaînes internationales et aussi les transmissions non préprogrammées en direct.

L'émission se fait par des paraboles (qualifiées émission) vers les satellites AB1, AB3, W6, et neuf autres paraboles sont utilisées pour la réception.

En plus de la transmission par satellite, le service possède la technologie faisceaux hertziens qui est une liaison point à point et dans un seul sens (aller) sauf la liaison Ain Sebâa-Ain Chock qui est bidirectionnelle.

##### **Département de diffusion :**

Le service de diffusion est subdivisé en 2 parties :

- Exploitation des émetteurs TV.
- Maintenance.

En plus de sa fonction comme endroit de maintenance et d'entretien des différents équipements de diffusion, le département est taché de :

- Etude des projets pour l'extension du réseau de diffusion.
- Mesure des champs pour l'établissement de la zone de couverture d'un émetteur.
- Maintenance corrective et préventive des émetteurs TV.

##### **Le réseau de diffusion en chiffre :**

- ❖ **Nombres de stations grande puissance :** 5 (Puissance varie de 5 kW à 20KW).
- ❖ **Nombres de stations moyenne puissance :** 3 (Puissance de l'ordre de 1KW).

Pour les petites puissances on distingue 2 cas à 100W et à 10W.

- ❖ **Nombres de stations de petite puissance 100W :** 38.
- ❖ **Nombres de stations de petite puissance 10W :** 35.

##### **Centre de diffusion :**

Un centre de diffusion comme son nom l'indique abrite :

- Des émetteurs TV, radio ;
- Baie de contrôle ;
- Source d'énergie ;
- Des onduleurs ;
- Pylône ;

- Des équipements de transmission ;
- Des panneaux d'antennes.

## 4.2 Organigramme :

L'organigramme de la Direction Réseau et développement régional :

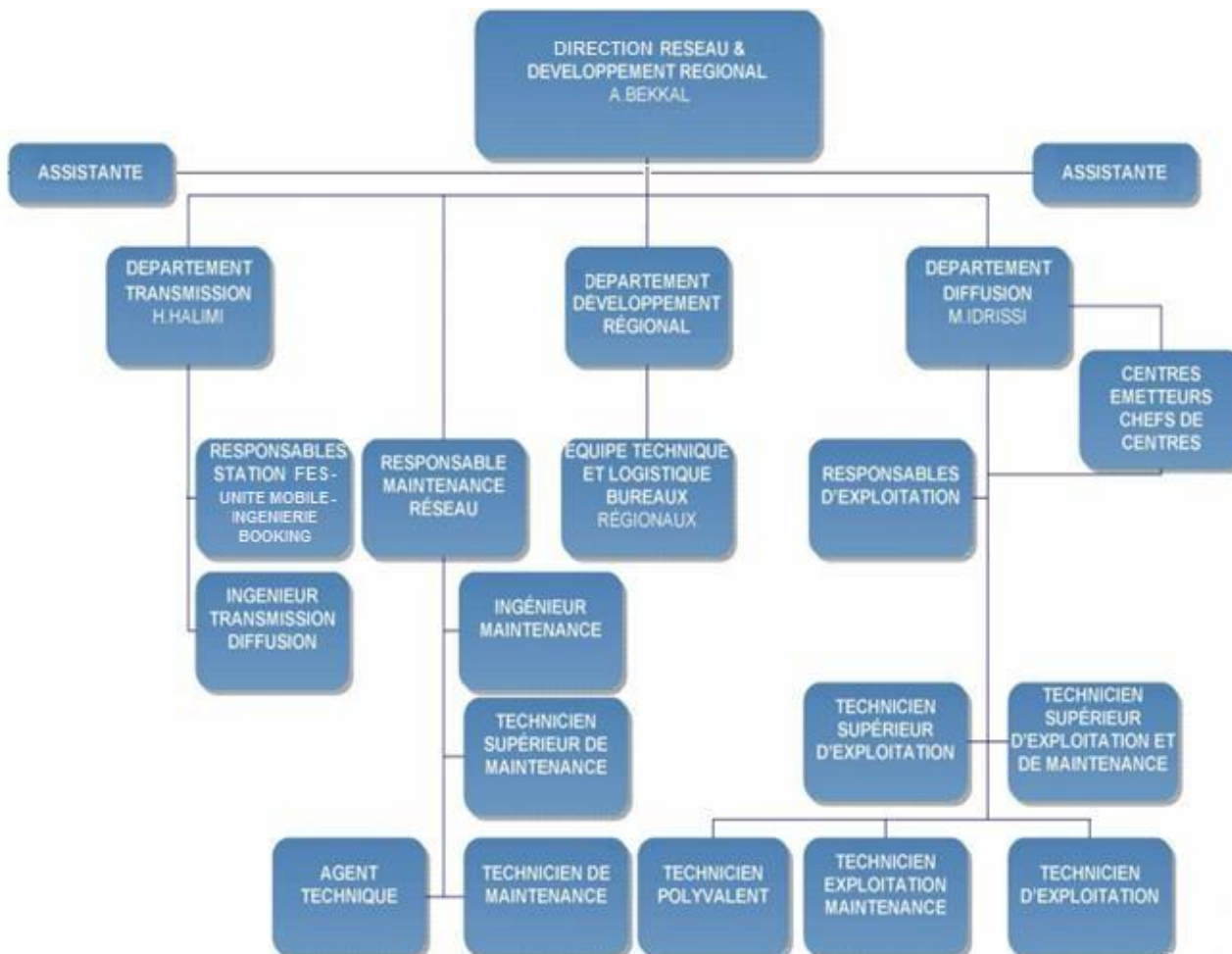


Figure 2 : Organigramme du département réseau.

## 5. Présentation du projet :

### 5.1 Contexte :

La Conférence régionale des radiocommunications de l'UIT (CRR-06), qui s'est tenue à Genève en juin 2006, a adopté un plan pour la radiodiffusion numérique concernant 116 pays (situés principalement en Afrique et en Europe), dans les bandes de fréquences 174–230 MHz et 470–862 MHz. Ce plan (appelé **Plan GE06**) fixe au 17 juin 2015 au plus tard l'arrêt des émissions analogiques (pour certains pays exploitant certaines bandes de fréquences, la date butoir a été fixée au 17 juin 2020).

Les pays arabes (dont le Maroc) font parties du Plan GE06. Ils se préparent donc à passer de la radiodiffusion analogique à la radiodiffusion numérique de Terre. Le plan retenu pour le passage à la radiodiffusion numérique dans cette région est présenté dans le tableau ci-dessous.

Pays arabes	Service de radiodiffusion télévisuelle mobile (basé sur IP/DVB)	Service de TVIP	Service de radiodiffusion numérique de Terre	Arrêt prévu de l'analogique
Algérie	Non disponible	Disponible	Prévu	2014
Bahreïn	Disponible	Disponible	Prévu	2013
Egypte	Disponible	Prévu	Prévu	2015
Iraq	Disponible	Non disponible	Disponible	incertain
Jordanie	Disponible	Disponible	Prévu	2015
Koweït	Disponible	Non disponible	Non disponible	2015
Liban	Non disponible	Disponible	Non disponible	2015
Libye	Disponible	Non disponible	Non disponible	2015
Mauritanie	Non disponible	Non disponible	Disponible	incertain
<b>Maroc</b>	<b>Disponible</b>	<b>Disponible</b>	<b>Disponible</b>	<b>2015</b>
Oman	Disponible	Non disponible	Prévu	2015
Autorité palestinienne	Non disponible	Non disponible	Non disponible	incertain
Qatar	Disponible	Disponible	Non disponible	incertain
Arabie saoudite	Disponible	Disponible	Disponible	2015
Soudan	Non disponible	Non disponible	Disponible*	2015
République arabe syrienne	Non disponible	Non disponible	Prévu	2014
Tunisie	Disponible	Non disponible	Disponible	2015
Emirats arabes unis	Disponible	Disponible	Prévu	2013
Yémen	Non disponible	Non disponible	Non disponible	2015

\*Selon les informations disponibles.  
Source: Arab Advisors Group.

**Tableau 1 : Plan de passage à la radiodiffusion numérique pour les pays arabes[1]**

Au Maroc, la Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision (SNRT) propose aussi bien la télévision numérique de Terre que la télévision mobile (DVB-H). Maroc Telecom fournit la télévision mobile 3G ainsi que des services de TVIP. Ces services sont également offerts par Meditel.

Le passage du Maroc de l'analogique au numérique va se faire selon le plan suivant :

- ✚ 2015 pour la bande UHF (2M, quelques sites SNRT) ;
- ✚ 2020 pour la bande VHF (100% du réseau principal de la SNRT).

### 5.2 Problématique :

Le processus de transition n'est pas une simple question de technologie. Pour que la transition se fasse en douceur, il convient de résoudre un certain nombre de problèmes d'ordre réglementaire, juridique et administratif.

- Le régulateur national ANRT doit ainsi examiner les conditions liées à l'octroi de licences, y compris les droits d'utilisation du spectre et les droits de radiodiffusion, et décider les différentes options technologiques possibles telles que la technologie de transmission, le format télévisuel, les techniques de compression et les politiques de diffusion simultanée.
- la loi 77-03 définit un cadre juridique permettant une prise en charge rationnelle par la HACA de l'introduction de la TNT, particulièrement au regard de la configuration actuelle du secteur, liée à la jeunesse de son processus de libéralisation (notamment en matière de télédiffusion qui est assurée actuellement par le pôle public, seul à disposer d'un réseau).

- De leur côté, les opérateurs audiovisuels doivent choisir entre les différentes options de planification du réseau (réseau multifréquence (MFN) ou réseau monofréquence (SFN)) et identifier les principales applications.
- Quant aux téléspectateurs, ils doivent utiliser des décodeurs TNT ou remplacer leurs équipements analogiques actuels (téléviseurs et magnétoscopes) par des récepteurs numériques.

Le contexte marocain de la transmission numérique présente des caractéristiques et connaît plusieurs contraintes [2] :

- Le Maroc compte 5,7 Millions de foyers, parmi lesquels 90,4% disposent d'au moins 1 poste de télévision.
- Forte présence du mode de réception satellitaire avec un pourcentage de 68 % en 2011.
- 27% des marocains en moyenne « consomment » exclusivement de l'hertzien terrestre analogique.
- Une couverture avoisinant les 84% de la population marocaine est estimée en décembre 2013.
- Pénétration « lente » de la TNT depuis son lancement en juin 2007 avec un taux d'utilisation ne dépassant pas 5% en 2011.

Le passage à la radiodiffusion télévisuelle numérique de Terre est un processus complexe qui exige la participation des législateurs, des régulateurs, des sociétés de radiodiffusion (producteurs de contenus, radiodiffuseurs et opérateurs de réseaux), des constructeurs et des téléspectateurs.

### 5.3 Objectifs du projet :

SOREAD 2M prend l'initiative de la mise en place de la première plateforme HD au Maroc ; le bouquet « **MAROC TNT SAT HD** ». Cette plateforme assure le transport d'un multiplex jusqu'aux émetteurs TNT en DVB-T2 sur la totalité du royaume en MCPC de **6 chaînes de TV HD + 4 stations radio**.

Le présent projet vient pour résoudre essentiellement la problématique provoquée auparavant ainsi que pour réaliser d'autres objectifs.

- ✓ Assurer le passage de la télévision marocaine au tout numérique dans le cadre du plan GE06.
- ✓ Libérer les fréquences pour les communications mobiles (4G).
- ✓ Création de nouvelles chaînes thématiques (2M Sport, 2M Jeunes, 2M Music...).
- ✓ Introduction de la TVHD au Maroc.
- ✓ Augmenter le taux d'utilisation de la TNT et le taux d'audience des chaînes marocaines.

### 5.4 Tâches prévisionnelles :

Dans le cadre de ce projet, les tâches prévisionnelles à réaliser pendant la durée du stage sont :

- ✓ Etude de l'existant au niveau de la transmission satellitaire SCPC et MCPC de Soread 2M et la plateforme terrestre numérique TNT de la SNRT.

- ✓ Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial.
- ✓ Proposition d'une solution de transmission numérique terrestre en DVB T2/MPEG 4.
- ✓ Réalisation d'une étude technique, une étude financière et une feuille de route de la solution proposée.

A l'aide du logiciel Gantt Project on peut réaliser le diagramme de Gantt du projet illustré dans la **figure 3** en précisant les tâches réalisées et la durée de chacune.

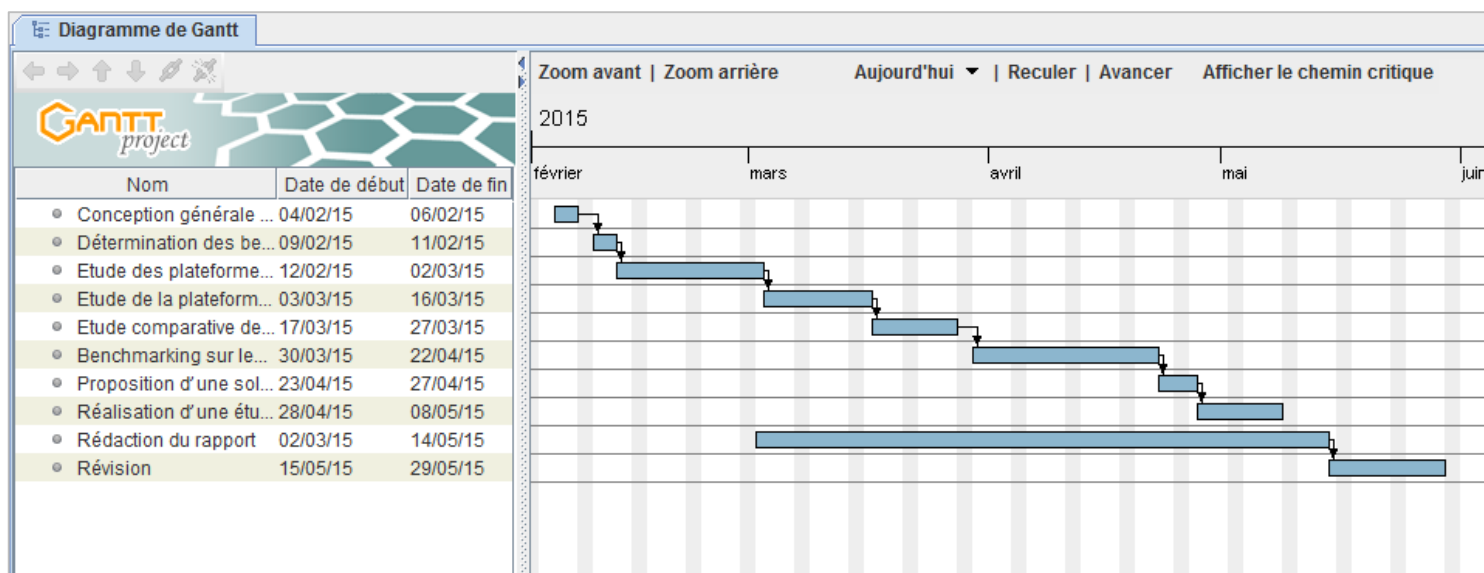


Figure 3 : Diagramme de Gantt du projet

## 6. Conclusion :

La première partie fournit un rappel historique de l'évolution de la société SOREAD 2M, elle donne aussi une idée sur l'environnement dans laquelle nous travaillons, en présentant l'organigramme général de la société ainsi que le département du réseau, ensuite elle définit la problématique qui était à l'origine vers ce projet, ses objectifs et les tâches prévisionnelles. Dans le chapitre suivant on s'intéresse à l'état de l'art dans lequel on élabore les systèmes de transmission satellitaire et numérique terrestre utilisés par les opérateurs audiovisuels au Maroc.



## Chapitre II

# Etat de l'art sur la transmission numérique au Maroc

*Dans ce chapitre, nous étudions les principales plateformes de transmission satellitaire et numérique terrestre exploitées par les sociétés d'audiovisuel au Maroc en dégageant leurs caractéristiques.*

### 1. Introduction :

Le travail présent dans ce chapitre s'inscrit dans le cadre d'une étude des systèmes de radiodiffusion numérique existants au Maroc, nous commençons par la présentation de l'architecture générale des systèmes de transmission satellitaire SCPC et MCPC de Soread 2M, ensuite nous procédons à la description de la plateforme de transmission numérique terrestre TNT de la SNRT.

### 2. Les plateformes SCPC et MCPC de Soread 2M :

#### 2.1. La plateforme SCPC :

##### 2.1.1. Définition du SCPC :

**SCPC (Single Chanel Per-Carrier)** : est un système de transmission par satellite avec un support séparé pour chaque canal, par opposition à la division de fréquence ou de multiplexage temporel, y combinant de nombreux canaux sur un seul transporteur.

Le principal avantage de SCPC est l'architecture qui permet une connectivité complète entre tous les sites du réseau. SCPC permet de régler rapidement une liaison par satellite (point à point, ou point à multipoints) sans qu'il soit nécessaire de recueillir d'autres canaux à la liaison montante de téléportations.

##### 2.1.2. Architecture générale de la plateforme SCPC :

Le réseau de télédiffusion de 2M est constitué de trois catégories de stations terriennes qui sont en norme DVB-S et DVB-S2 :

- ❖ Trois stations terriennes qui transmettent d'une façon systématiques les programmes de 2M National, 2M MAROC et RADIO 2M, vers trois satellites différents, pour assurer la plus large couverture terrestre et satellitaire.
- ❖ 12 stations terriennes fonctionnent en mode occasionnelle depuis les bureaux régionaux dans 12 villes différentes et qui transmettent des sujets via deux capacités satellite.
- ❖ Huit stations mobiles pour transmissions occasionnelles via les deux capacités utilisées par les bureaux régionaux.

Chaque station de ce réseau se présente comme suit :

- A l'extérieur, il y a l'antenne avec juste en dessous de la parabole les SSPA et Les LNA.
- A l'intérieur, c'est-à-dire dans un bâtiment, nous avons les autres équipements dans des baies ou armoires.
  - ✓ Une baie d'émission pour le programme du 2M National.
  - ✓ Une baie d'émission vers la S.T.C.
  - ✓ Une baie de réception des bureaux régionaux.
  - ✓ Une baie BIS pour la grille de réception.

La figure suivante présente la baie d'émission et la baie de réception de la plateforme SCPC de 2M National :



Figure 4 : Baie d'émission (à gauche) et baie de réception (à droite) 2M National

La chaîne de transmission d'un programme TV est présentée par la figure ci-dessous :

### Plateforme SCPC de 2M National

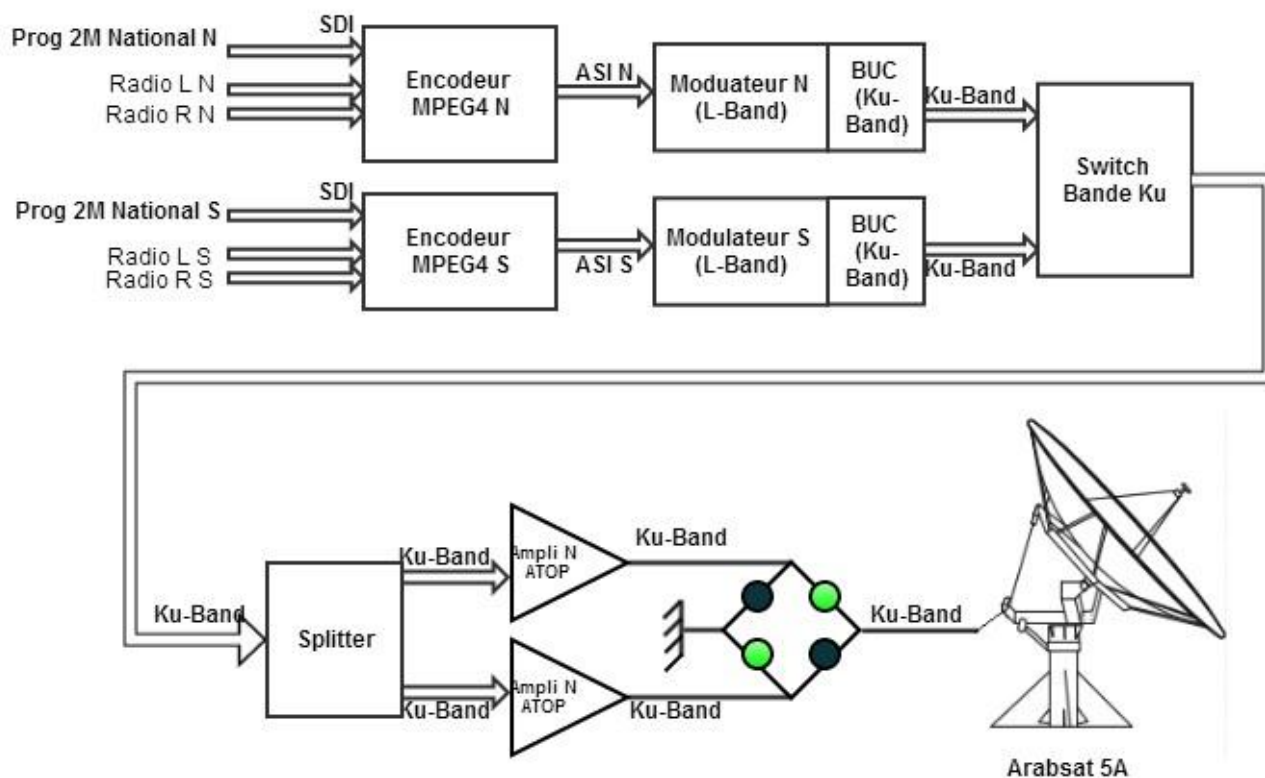


Figure 5 : schéma synoptique de la plateforme SCPC



### 2.1.3. Etude technique :

D'après le cahier des charges, la plateforme actuelle SCPC utilise des équipements avec des technologies évoluées pour alimenter le programme TV (2M National) transmis vers le satellite ARABSAT.

#### Baie d'émission :

**Encodeur :** Permet la compression en MPEG-2, et respecte la norme 4:2:0 ou 4:2:2, ce qui permet de diminuer le débit de 270 Mb/s à 4Mb/s, ainsi la redondance assurée est de 1+1. Le type de codage utilisé en 2M NATIONAL est le MPEG-2 qui minimise le débit du signal qui vient de la STC. L'encodeur MPEG-2 utilisé est « MPEG-2 Encoder DBE 4110 » fabriqué par THOMSON.

**Modulateur :** fonctionne sous la norme DVB-S, en assurant la modulation QPSK, le code convolutif Viterbi pour le codage interne et le code Reed Solomon comme codage externe. Ce qui permet de convertir un signal AZI en bande L. Le modulateur utilisé est « AZ110 Broadcast Satellite Modulator » fabriqué par NEWTEC.

**BUC « Block Up Converter » :** est un système utilisé pour la transmission des liaisons montantes des signaux satellite. Il convertit une bande des fréquences basse vers une fréquence plus élevée. Dans le cas de la baie « 2M National » le BUC permet la conversion de la bande L vers la bande Ku [13,75 – 14,5] GHz.

**Amplificateur :** la fonction de l'amplificateur est d'augmenter l'amplitude du signal, afin de lui fournir une bonne résistance durant la transmission. La plateforme utilise deux amplificateurs normal et secours de type « CPI Communications & Power Industries SATCOM DIVISION ».

Les caractéristiques de cet amplificateur sont représentées dans le tableau suivant :

Fréquence	13.75 à 14.50 GHz
Puissance de sortie	400 W min. (55.44 dBm)
Bande passante	500 à 1750 MHz
Gain	73 dB min. à la puissance nominale de sortie ; 78 dB min. au faible signal
Niveau RF	0 à 20 dB

Tableau 2 : Caractéristiques de l'amplificateur CPI

**Antenne d'émission :** L'antenne utilisée pour la baie d'émission de 2M National (**Figure 6**) est une antenne parabolique de type ANDREW de diamètre 3,7 m ayant des fonctionnalités avancées avec une technologie à double réflecteur et deux pièces de précision filés ensemble réflecteur en aluminium. Cette combinaison fournit un contour extrêmement précis de la surface, à titre exceptionnel à gain élevé, une efficacité supérieure et des caractéristiques de motif étroitement contrôlées.



**Figure 6 : Antenne parabolique d'émission**

**Switch Amplificateur :** de même type que les amplificateurs. C'est celui qui se charge de la commutation automatique entre les deux amplificateurs normal et secours en cas de panne selon le schéma de commutation représenté sur sa face avant.

### **Baie de réception :**

**Récepteur :** Le récepteur RX8330 distribution d'ERICSSON offre des fonctionnalités haut de gamme pour un récepteur de distribution, la combinaison d'un module d'entrée de satellite DVB-S2 à 4 entrées, plein MPEG-2, MPEG-4 AVC 4:2:0, décoder SD et HD en bas technologie down-conversion ainsi que la capacité d'ingérer un flux de transport et déchiffrer des services multiples. Le RX8330 offre une option de sortie de flux de transport de connectivité IP ultime par les sorties ASI et SDI. La capacité est encore renforcée par une option haute vitesse de sortie de données IP, ce qui permet un flux de données IP jusqu'à 100 Mbps aux côtés d'un décodage vidéo.

### **Gestion des équipements :**

Les encodeurs, les modulateurs, les commutateurs et mêmes les amplificateurs sont tous des équipements qui constituent la plateforme SCPC et qui doivent être paramétrés, contrôlés et bien gérés pour prévenir tout problème provoquant une coupure de transmission. La gestion de ce matériel peut se faire manuellement à travers la face avant ou via un navigateur Web à travers des pages HTML que le constructeur ERICSSON offre pour la gestion de ses équipements.

#### **2.1.4. Avantages et inconvénients :**

Comme toute technologie, SCPC présente des avantages et des inconvénients :

#### **Avantages :**

- ❖ Technologie simple et fiable ;
- ❖ Equipements à faible coût ;
- ❖ Habituellement un débit de 64 kbit / s à 50 Mbit / s ;
- ❖ Facile d'ajouter des sites de réception supplémentaire (stations terriennes).

- ❖ La redondance de chaque équipement pour plus de sécurité.

### **Inconvénients :**

- ❖ Utilisation inefficace de la bande passante pour les transmissions par satellite de salve, généralement rencontré avec la transmission de données par paquets ;
- ❖ Nécessite généralement un contrôle sur place ;
- ❖ Lorsqu'il est utilisé dans des endroits éloignés, l'antenne de transmission doit être protégée ;
- ❖ Une antenne qui se déplace hors de l'alignement peut entraîner des amendes de l'opérateur de satellites.

## **2.2. La plateforme MCPC de Soread 2M :**

### **2.2.1. Définition de MCPC :**

**MCPC** « **M**ulti **C**hannel **P**er **C**arrier » ou « plusieurs canaux par porteuse » est une plateforme de transmission par satellite qui est utilisée avec un terminal à très petite ouverture des systèmes VSAT (Very Small Aperture Terminal). Des Signaux porteurs de diffusion audio numérique, vidéo et autres sont multiplexés en un flux de données numériques unique, qui se traduit par une utilisation réduite de transpondeur satellite et la baisse des coûts de transmission par canal.

### **2.2.2. Architecture générale de la plateforme MCPC :**

La nouvelle plateforme MCPC comprend comme matérielle :

- Six encodeurs SD MPEG-4 chargé de transformer les signaux bande de base Audio et Vidéo reçus en flux MPEG-4 TS, 2 encodeurs normal et secours pour chaque programme TV.
- Deux multiplexeurs de services dont le rôle est de multiplexer les trois programmes sortis des encodeurs.
- Deux modulateurs DVB-S2 normal et secours.
- Deux commutateurs, pour assurer la commutation des signaux ASI, issus des deux multiplexeurs et la commutation des signaux L-band issus des deux modulateurs.
- Un logiciel qui permet le paramétrage des équipements, la supervision et la gestion de la redondance tout au long de la chaîne de traitement.
- L'analyseur des signaux SDI qui facilite la tâche d'analyse des signaux SDI et l'audio numérique.
- Un moniteur professionnel pour voir la qualité Vidéo, et écouter les signaux audio.
- Analyseur des signaux ASI pour visualiser n'importe quel signal ASI.
- Analyseur des signaux RF qui affiche le spectre de fréquence.
- Trois IRDs (integrated receiver/decoder) pour le contrôle permanent des trois programmes TV et des programmes Radio, plus un quatrième pour faire des tests.

La figure suivante présente la baie d'émission et la baie de réception de la plateforme MCPC :



**Figure 7 : Baie d'émission et baie de réception MCPC**

La figure suivante représentant la synoptique générale de la plateforme MCPC actuelle permettant la transmission de 3 programmes TV (2M National, 2M Maroc, 2M MENA) et un programme radio (Radio 2M) ainsi que l'ensemble des équipements, des liaisons utilisées et les formats des signaux.

Plateforme MCPC de Soread 2M

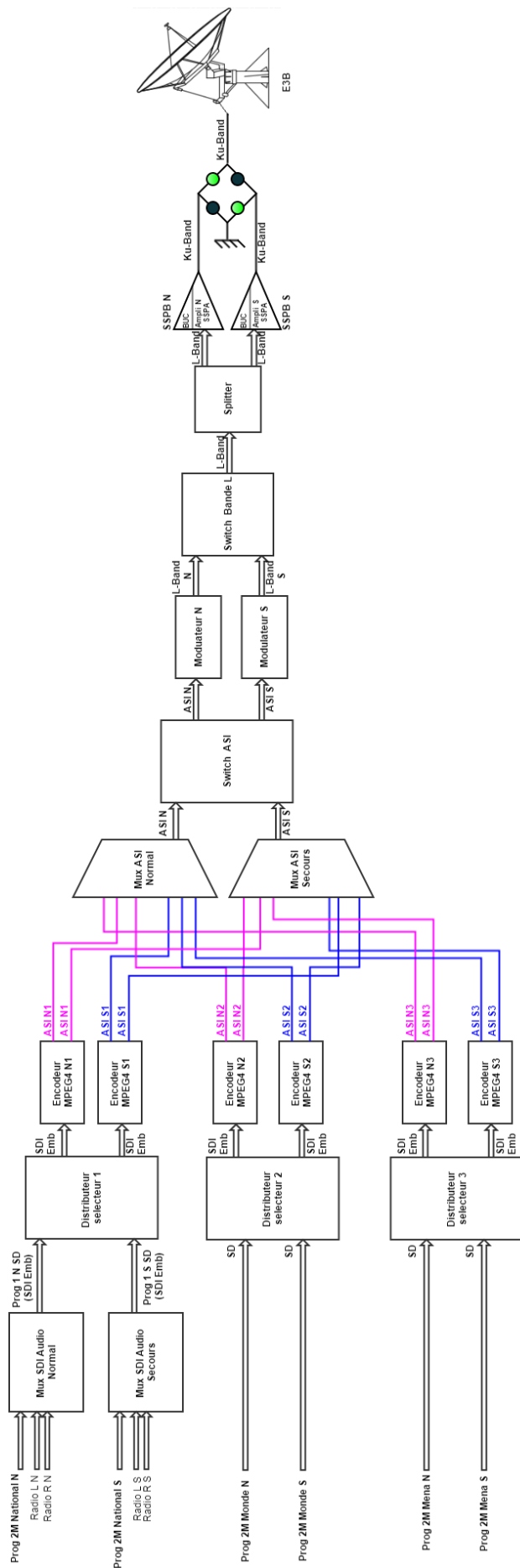


Figure 8 : Schéma synoptique de la plateforme MCPC



### 2.2.3. Etude technique :

D'après le cahier des charges, la nouvelle plateforme MCPC utilise des équipements avec des technologies évolués pour alimenter les trois programmes TV (2M NATIONAL, 2M MONDE et 2M MENA) et le service RADIO 2M.

#### **Baie d'émission :**

**Encodeur :** La nouvelle baie de la technologie MCPC contient six encodeurs «principal et secours» dont chaque encodeur est attribué à un programme TV. Cette partie d'encodage est assurée suivant la norme MPEG-4 à un débit binaire de 3 Mbit/s pour 2M National et Radio 2M et 2,5Mbit/s pour 2M Monde et 2M MENA. L'encodeur utilisé est de type Ericsson EN8030.

**Multiplexeur :** Pour assurer la fonction du multiplexage, on a deux multiplexeurs, normal et secours. Le multiplexeur utilisé dispose de 2 entrées ASI, en plus 2 cartes avec 4 entrées ASI sont ajoutées, soit 10 entrées ASI. Une carte accueille les SPTS des 3 programmes TV et du programme Radio issus des encodeurs dits Normal et l'autre carte ceux issus des encodeurs Secours. Ce qui donne un double niveau de sécurité. Ainsi ces deux multiplexeurs assurent la fonction du cryptage en mode BISS. Les deux sorties ASI des multiplexeurs sont connecté à un Switch qui est chargé de la commutation.

**Switch (ATS) :** APC (American Power Conversion) est un commutateur de transfert automatique ATS (Automatic Transfer Switch). Ces commutateurs possèdent deux cordons d'entrée d'alimentation qui alimentent la charge raccordée. Si la source d'alimentation principale n'est plus disponible, le commutateur de transfert automatique pour rack utilise l'alimentation de la deuxième source sans interrompre les charges critiques. Les unités en réseau possèdent un connecteur réseau intégré, qui permet la gestion à distance par l'intermédiaire d'interfaces Internet, SNMP ou Telnet.

**Modulateur :** Pour assurer cette fonction, on a deux modulateurs le premier Normal et le deuxième secours, chargé d'appliquer le code correcteur d'erreur (LDPC et BCH) et de moduler le signal en 8-PSK avant de l'émettre en bande L vers l'amplificateur. Chacun permet différents modes de modulation, DVB-S, DVB-S2 QPSK et DVB-S2 8PSK, de 1 à 48 MS, avec des valeurs de Roll-off sélectionnables de 20%, 25%, 30% et 35%. Le signal sortie est en bande L. Ce modulateur est de type Ericsson SM6625 Satellite Modulator.

**Universal Switch Chassis :** Il utilise la fonction de commutation temporelle du champ éprouvé, ces types de modules peuvent être activés de manière autonome, et sont passés précisément selon les horaires prédéfinis sans nécessiter d'un système de gestion de réseau superposée. Ce commutateur est de type DEV 1951.

**AJA KUMO 1604 :** AJA Kumo 1604 est un routeur compact SDI petit, rentable, robuste et fiable. KUMO soutient les spécifications SDI, HD-SDI et 3G SDI. Le routeur KUMO est un équipement parfait pour toute diffusion, de production ou de post environnement de production.

Les routeurs KUMO sont prêts pour le réseau et le soutien puissant HTTP, le contrôle et la surveillance. Serveur web interne de KUMO permet une installation immédiate.

**AJA KUMO CP :** KUMO CP est un panneau de contrôle 1U optionnel qui peut être utilisé dans des configurations autonomes ou en réseau. Il connecte via un réseau Ethernet au même réseau que les routeurs Kumo 1604. KUMO CP offre un contrôle intégral de n'importe quel endroit sans avoir besoin d'un ordinateur. Jusqu'à quatre routeurs KUMO peut être contrôlé à partir d'un seul panneau de contrôle. Pour les configurations autonomes avec KUMO CP, toutes les unités matérielles KUMO peuvent être reliées entre eux directement à l'aide des câbles RJ-45 standard ou un interrupteur, si nécessaire. KUMO logiciel attribue automatiquement les routeurs pour contrôler les délégations du panneau de sorte que le système soit prêt à être utilisé immédiatement.

**Analyseur des signaux :** Rohde & Schwartz DVMS1 permet de contrôler simultanément un signal RF et un signal ASI ou comme une alternative jusqu'à quatre flux IP. Il permet également de surveiller simultanément jusqu'à quatre signaux RF/IP/ASI. Les modules d'interface disponibles pour la DVB-T/T2 et DVB-S/S2 ainsi que de la propriété intellectuelle (optique / électrique) sont disponibles.

**Amplificateur :** Le rôle de l'amplificateur dans la baie d'émission MCPC est d'amplifier et assurer la transposition de la fréquence en bande L vers la bande Ku de signal en provenance du commutateur bande L. Sa puissance de sortie dépend du satellite et du bilan de liaison. La plateforme MCPC utilise 2 amplificateurs SSPB de type CPI.

**Baie de réception :**

**Récepteur :** Le récepteur RX8330 d'ERICSSON, c'est le même récepteur utilisé dans la plateforme SCPC.

La baie MCPC contient 4 récepteurs pour recevoir le signal retour du satellite, 3 récepteurs pour chaque programme TV (2M Monde, 2M National, 2M MENA) et le quatrième est un récepteur test.

**Analyseur de spectre :** L'analyseur de spectre Rohde&Schwarz FSL est un instrument extrêmement léger et compact qui est idéal pour un grand nombre d'applications dans le développement, la maintenance et la production. Malgré sa taille compacte, il offre une multitude de fonctions plus typiques pour un analyseur de spectre haut de gamme, assurant ainsi un excellent rapport prix/performance. Sa gamme de fréquences est entre 9 KHz et 3 GHz.

**IQ Modular infrastructure (Snell) :** Le matériel d'infrastructure Snell Fourni par Shanghai Kungsi Digital Limited soutient la diffusion des nouvelles chaînes principalement en effectuant HD/SD Up/Down-conversion. L'intégration et l'extraction audio, diffusion vidéo et la synchronisation des flux à partir de 10 studios connectés et toutes autres sources externes.

**Switch Matrix :** Switch Matrix OIS 500 est un moyen efficace pour la distribution de signaux en bande L dans têtes de réseau numériques. Jusqu'à 8 LNB-entrées indépendantes peuvent être acheminées jusqu'à 24 sorties sans aucune limite et interférences, et il peut facilement être intégré dans systèmes redondants. L'OIS 500 peut être contrôlé via interface Web et peut être intégré dans un système de contrôle de gestion via SNMP et une meilleure performance RF est garantie.

**Antenne Off-set :** c'est une antenne à foyer décalé (offset) à double réflecteur (**figure 9**). Dans l'antenne offset, le sommet de la parabole (au sens mathématique) n'est pas le centre du réflecteur.

Cette disposition permet de placer le guide hors du trajet de l'onde, ce qui améliore légèrement le gain de l'antenne. Le réflecteur peut conserver une position quasi verticale même pour les satellites placés assez haut dans le ciel.



Figure 9 : Antenne Offset de la plateforme MCPC

### Logiciel de gestion :

**Ncompass** : est un logiciel qui surveille continuellement tous les appareils dans un système local, et fournit également la détection d'échec automatique, la commutation des composants redondants et la configuration des composants. Ce logiciel permet la supervision et le contrôle du système en entier grâce à l'affichage des alarmes qui utilisent un code couleur pour spécifier la criticité du problème.

#### 2.2.4. Avantages et inconvénients :

Malgré ses multiples avantages, la technologie MCPC présente quelques inconvénients :

#### Avantages :

- ❖ Réduction du coût des équipements.
- ❖ L'installation des baies d'émission et réception pour 3 programmes en MCPC nécessite 3 fois moins de surface par rapport à SCPC.
- ❖ Pas besoin de payer pour plusieurs récepteurs pour obtenir la diffusion simultanée de nombreux canaux.
- ❖ Efficacité spectrale plus importante grâce à l'utilisation de DVB-S2.
- ❖ Une haute qualité du son (stéréo), le son numérique apporte une nouvelle dimension aux programmes TV.
- ❖ Qualité de l'image numérique optimale (sans bruit, ...).
- ❖ La redondance de chaque programme pour plus de sécurité.
- ❖ les trois programmes TV (2M NATIONAL, 2M MONDE et 2M MENA) et le service RADIO 2M ont porté sur un bouquet et transmis par une seule antenne parabolique avec la même capacité que SCPC.
- ❖ Nouvelles équipements avec des bonnes configurations.
- ❖ La sécurité, le cryptage BISS (Basic Interoperable Scrambling System) de chaque programme.

**Inconvénients :**

- ❖ Technologie plus complexe.
- ❖ Risque de perdre les signaux car tous les signaux doivent être envoyés à un seul endroit, puis combinés pour la retransmission.

**2.3. Comparaison entre SCPC et MCPC :**

Les deux termes sont associés à des communications par satellite. Dans un système VSAT, SCPC est utilisé lorsque l'exigence du nombre de canaux (voix / données) est limitée et MCPC est utilisé lorsque le nombre de canaux requis est important. Le nom correspond à ces exigences de canaux différents. Le multiplexeur est nécessaire pour multiplexer plusieurs canaux avant d'être modulés par le modulateur satellite et convertis à la fréquence RF par l'Up-converter et l'amplificateur.

Spécifications	SCPC	MCPC
<b>Forme complète</b>	Single Channel Per Carrier - Un seul programme de voix ou de données est module et transmis par canal RF.	Multiple Channels Per Carrier - Multiple programmes de voix et/ou de données sont multiplexés (TDM), modulés et transmis par canal RF.
<b>Format de transmission</b>	Analogique (Voix) ou numérique (Données).	Analogique (Voix) ou numérique (Données).
<b>Multiplexage</b>	non fourni	FDM ou TDM
<b>Technique de modulation</b>	FM ou PSK.	FM ou PSK.
<b>Bande passante</b>	Utilisation inefficace de la bande passante.	Utilisation efficace de la bande passante en multiplexant plusieurs programmes.
<b>Capacité</b>	Plus de canaux	moins de canaux.
<b>Application</b>	VSAT de données à faible débit.	VSAT de données à haut débit.

**Tableau 3 : Comparaison entre SCPC et MCPC**

**3. La plateforme TNT de la SNRT :**

**3.1. Présentation :**

Introduite le 06 Mars 2007 par la SNRT, la Télévision numérique terrestre est une technologie innovante de diffusion qui permet de recevoir la télévision avec une qualité numérique d'image et de son. Grâce à une simple antenne UHF et un récepteur TNT ou bien un téléviseur avec tuner TNT intégré, les téléspectateurs ont accès à un bouquet de huit chaînes marocaines généralistes et thématiques : Al Aoula, 2M, Arryadia, Arrabiâ, Maghribia, Tamazight, Laâyoune et Assadissa. Et depuis le 31 mai 2008, exclusivement sur la TNT, la nouvelle chaîne cinéma Aflam TV. Cette année la chaîne Al Aoula est disponible en mode HD pour la première fois au Maroc sur TNT et satellite.

Il existe trois modes de réception de la TNT :

- **Avec un récepteur TNT** : il suffit de relier un récepteur TNT au câble d'antenne classique UHF et de le connecter à l'écran de télévision.
- **Avec un téléviseur et tuner TNT intégré** : nul besoin de récepteur TNT, il suffit de connecter le téléviseur à l'antenne classique UHF.
- **Avec une clé USB** : il existe des clés USB permettant la réception de la TNT sur les PC portables grâce à une antenne d'intérieur avec amplificateur.

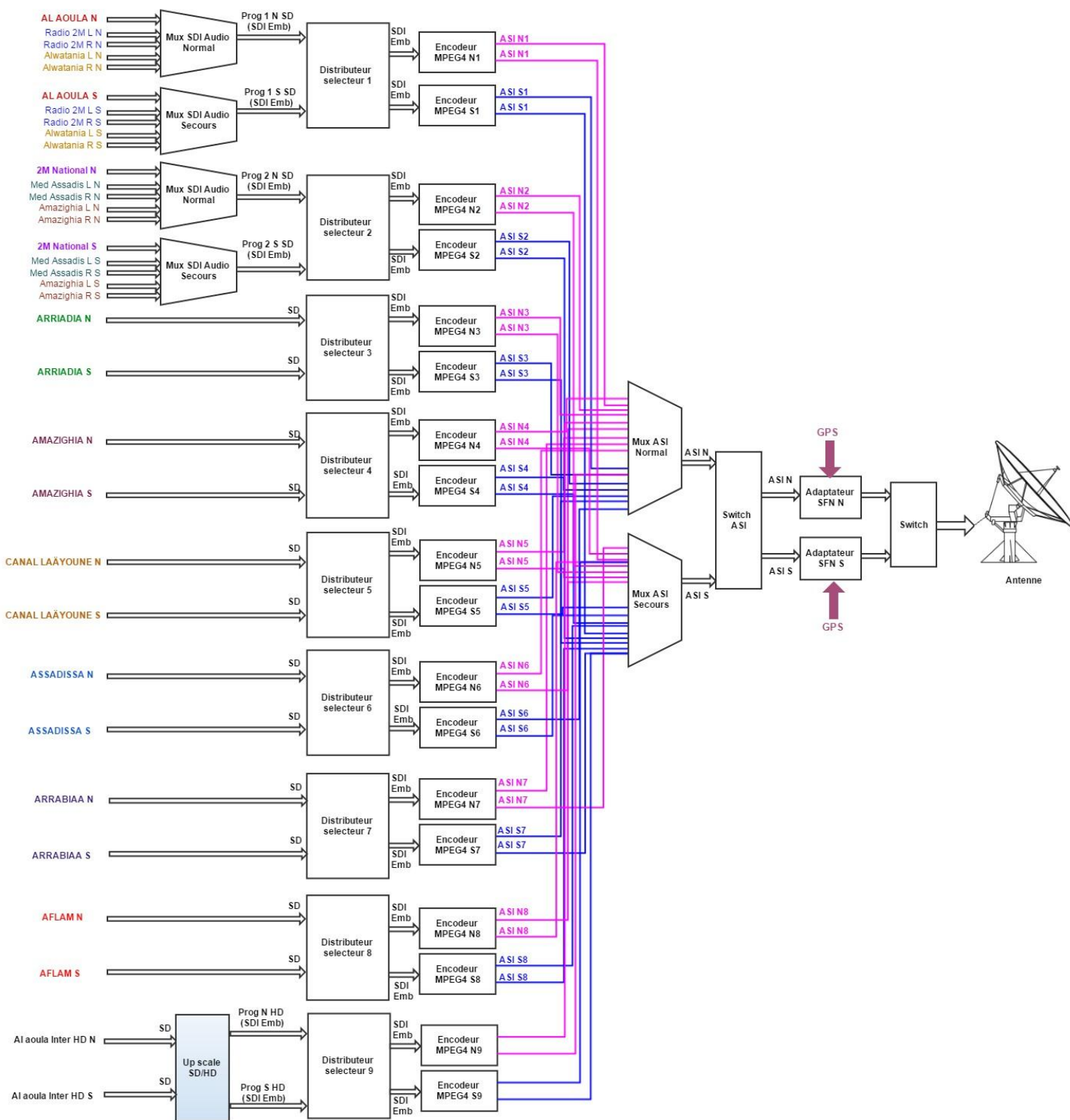
### 3.2. Tête de réseau national :

La plateforme TNT marocaine est basée sur la plateforme DVB-T de la société française Thomson video networks (**Voir page 38**).

En Mars 2011 la SNRT a opté, dans le cadre de l'extension de son réseau de télévision numérique terrestre (TNT), pour la plate-forme Nimbra (système de gestion de réseau) de la société suédoise Net Insight, leader mondial dans les réseaux de la TNT. Cette dernière a gagné le marché en partenariat avec Ericsson Maroc. Ce projet a pour objectif l'amélioration de la disponibilité du réseau de la SNRT, ce qui lui permettra concrètement de poursuivre l'élargissement de son réseau TNT déjà existant tout en réduisant de près de 50% ses coûts opérationnels.

Net Insight affirme que sa plate-forme Nimbra offre la disponibilité et le contrôle dans le réseau élargi. La redondance est fournie à la fois sur un niveau de service DVB-ASI ainsi que SDH STM-1. Le système de gestion de réseau d'Insight Nimbra Net Vision est utilisé pour surveiller et contrôler la qualité et la disponibilité des services de réseau. Pendant ce temps, Ericsson Maroc est le principal intégrateur et fournit des services de gestion, de soutien, et d'installation du projet.

La figure suivante illustre l'architecture de la tête de réseau national TNT de la SNRT installée à Rabat :



**Figure 10 : Architecture de la tête de réseau nationale TNT**

### 3.3. Site d'émission :

Composé de 35 stations, le réseau de télévision numérique terrestre de la SNRT assure actuellement la couverture de 84% de la population et diffuse deux multiplexes sur les canaux 48 et 57. La **figure 11** présente l'architecture du site d'émission TNT de la SNRT situé à Casablanca.

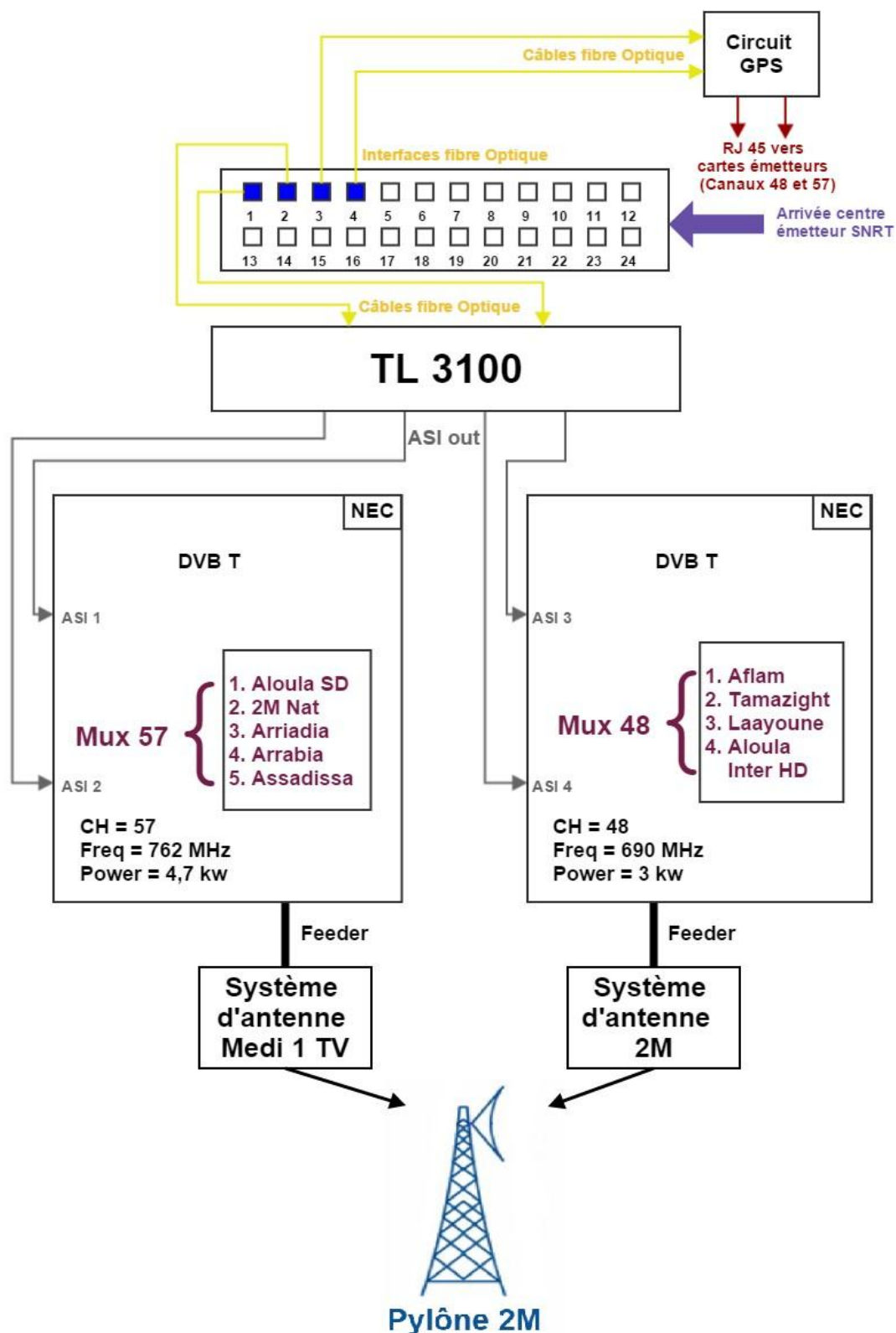


Figure 11 : Architecture du site d'émission TNT de la SNRT à Casablanca

### 3.4. Avantages et inconvénients :

La télévision numérique terrestre (TNT) a énormément d'avantages :

### Avantages :

- ❖ Une meilleure qualité de réception, d'images et de son (images de type DVD, son numérique stéréo ou de type « home cinéma »).
- ❖ Une plus grande capacité de diffusion.
- ❖ Des chaînes en Haute Définition.
- ❖ De nouvelles chaînes nationales et locales.

Mais elle présente désormais quelques inconvénients :

### Inconvénients :

- ❖ Des adaptations parfois nécessaires : la nécessité d'avoir un décodeur TNT, particulièrement pour les téléviseurs anciens.
- ❖ Une couverture non totale : la nécessité d'utiliser la technologie DTH pour couvrir les zones blanches.

## 4. Conclusion :

Ce chapitre a permis de présenter l'état de l'art des systèmes de radiodiffusion numérique existants au Maroc soit pour la transmission satellitaire (SCPC et MCPC) ou numérique terrestre (TNT) en présentant les avantages et les inconvénients de chacun.

L'étude a montré que le Maroc a pu à travers ces systèmes rester à jour au niveau technique et d'utiliser les dernières technologies pour offrir aux téléspectateurs une meilleure qualité de produit audiovisuel.

Dans le chapitre suivant on présente un Benchmarking sur les solutions de DTT en DVB-T2 commercialisées dans le marché mondial.





## Chapitre III

# Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial

*Dans ce chapitre, nous présentons les différentes solutions pour la mise en place des plateformes TNT en DVB-T2 commercialisées par plusieurs constructeurs dans le monde.*

### 1. Introduction :

Le Benchmarking est la méthodologie qui consiste à rechercher en permanence les meilleures pratiques afin d'adopter, ou d'adapter leurs aspects positifs et de les mettre en œuvre pour progresser et devenir "le meilleur des meilleurs". Dans ce chapitre on présente les principales solutions de mise en place des plateformes de télévision numérique terrestre proposées et commercialisées par les principaux constructeurs d'audio-visuel dans le marché mondial afin d'avoir une idée globale sur les nouveautés et l'évolution technologique dans ce domaine et tirer profit de l'expérience requise par ces leaders mondiaux pour s'adapter et s'améliorer.

### 2. Solution DTT DVB-T/T2 de THOMSON :

#### 2.1 Présentation :

Thomson Video Networks offre une solution complète pour la télévision numérique terrestre y compris la génération diffusée en multiplex, la régionalisation et la distribution, ainsi qu'une dernière addition ; le support des services de diffusion à large bande hybrides HbbTV 1.5 [3].

Cette solution offre les avantages suivants :

**Qualité d'image supérieure :** Cette solution offre un bouquet de canaux large, y compris le HD. Au même temps, la qualité de la vidéo est devenue plus importante avec de plus grandes tailles d'écran de consommation visant le contenu HD et Blu-ray. Thomson Video Networks possède une tradition pour la diffusion de vidéo à compression premium à travers la famille ViBE, à partir des débits ultra-faibles aux contenus haute qualité SD et HD. L'objectif est d'offrir la qualité d'image supérieure pour tous les réseaux.

**Traitement de contenu puissant :** Comme le contenu a de plus en plus de valeur et réparti sur plusieurs réseaux, le traitement du contenu est plus important. Comme différents réseaux ont des caractéristiques variées. En outre, la programmation et l'insertion des services interactifs et un guide électronique des programmes (EPG) sont pleinement intégrés. Thomson Video Networks est le seul fournisseur en mesure de combiner toutes ces fonctionnalités dans un réseau entièrement intégré.

**Gestion du réseau de bout-en-bout :** La gestion des équipements et la programmation de redondance sont essentielles pour assurer la fiabilité et la continuité de service. Le contrôle et la surveillance Thomson XMST<sup>TM</sup> avec la qualité de service (QoS) offre une liberté et une souplesse accrues, et des interfaces utilisateur graphiques pour contrôler les paramètres opérationnels tels que des débits, les services de télécommunications, MPEG et la transmission RF.

#### 2.2 National Headend :

##### 2.2.1 Architecture du réseau :

Le réseau national de diffusion proposé par Thomson Video Networks permet de tirer le maximum de chaque Kb/s du réseau en réalisant ces objectifs :

- ✓ Maximiser le nombre de canaux par porteuse avec une qualité de l'audio et vidéo supérieure.
- ✓ Flexibilité pour supporter SD, HD, MPEG-2 et MPEG-4.

## Chapitre III : Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial

- ✓ Augmentation de la qualité de la vidéo grâce à la solution Flexstream™ 2.0 pour le multiplexage statistique avancé.

La figure suivante présente la plateforme de la tête de réseau national proposé par Thomson Video Networks :

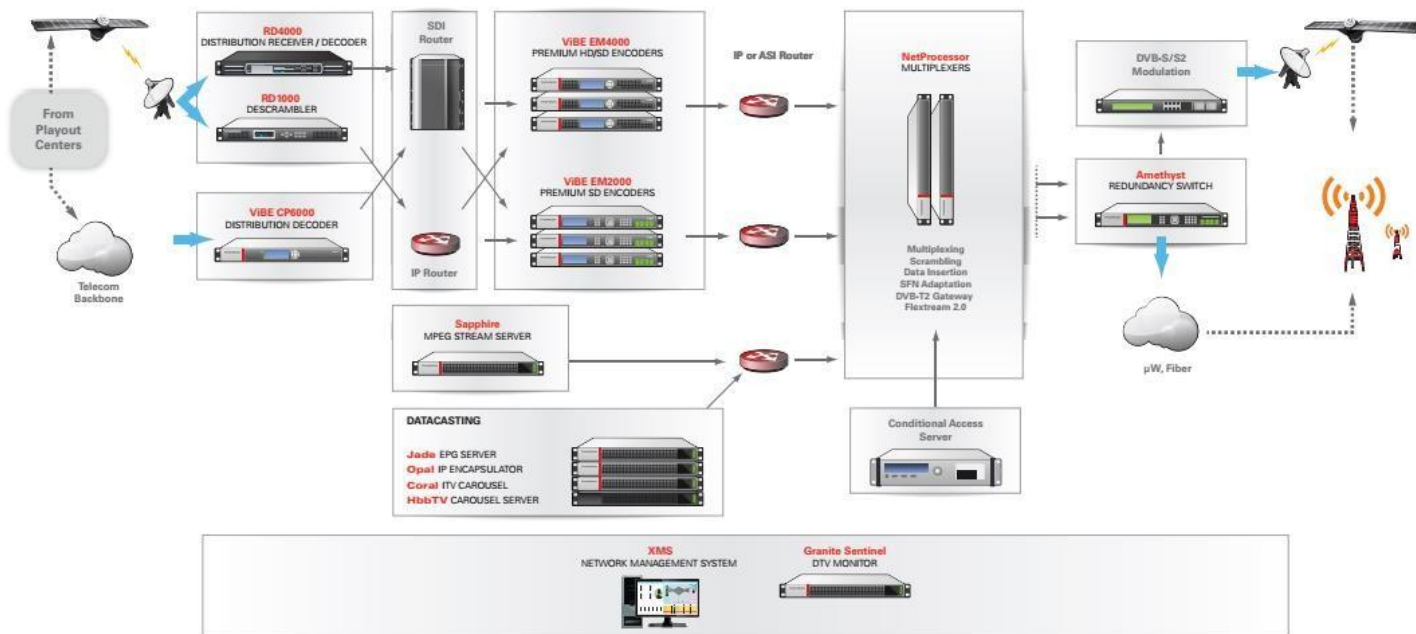


Figure 12 : Architecture de la tête de réseau national THOMSON [3]

### 2.2.2 Composantes du réseau :

#### Compression de la vidéo :

Parce que la principale préoccupation des opérateurs de la TNT est de profiter de chaque kbps de leur bande passante au maximum dans la tête de réseau national, les séries ViBE EM des encodeurs SD et HD ont été conçus pour satisfaire à cette exigence. Tirant parti de la technologie de compression Mustang, l'encodeur ViBE allie efficacité de compression et prétraitement de pointe pour fournir des photos de netteté exceptionnelle, la profondeur et la clarté. Avec la possibilité d'utiliser toutes les boîtes à outils de compression disponibles, les encodeurs MPEG permettent de diffuser SD de haute qualité et le contenu HD à des débits très faibles, par exemple jusqu'à huit services HD dans un multiplex DVB-T/ T2.

#### Flexstream 2.0 : Multiplexage statistique :

Le multiplexage statistique est une solution éprouvée pour le partage dynamique de la bande passante fixe du multiplex entre plusieurs encodeurs ViBE avec un haut degré de précision. Cela donne une augmentation du nombre de canaux offerts jusqu'à 30% par rapport au mode CBR. Très flexible, Flexstream soutient n'importe quelle combinaison de canaux SD et HD ainsi que MPEG-2 et MPEG-4. Il dispose également d'un soutien pour l'encodage à distance, éliminant les codecs de contribution et les coûts de bande passante, ce qui conduit à une meilleure qualité à un moindre coût. La solution Flexstream 2.0 présente deux avantages majeurs ; le débit de paquets nuls à la sortie TS est maintenu à un minimum, et les opérations de réseau sont grandement simplifiées comme la reconfiguration du multiplexeur est rarement nécessaire.

### Support de la télévision payante :

Une protection robuste des flux de revenu et un contrôle précis des services basés sur la souscription à la gestion des droits d'utilisateur approprié sont atteints par la solution de télévision payante. Il est basé sur le NetProcessor comme un brouilleur DVB-Simulcrypt et XMS/XMU. Cette solution est ouverte, en soutenant tous les systèmes d'accès conditionnel (CAS) sur le marché. Il est puissant et évolutif d'un à plusieurs CAS.

### Datacasting :

Le serveur Jade peut générer un guide électronique des programmes (EPG) pour tout type d'architecture de service, en utilisant des fonctionnalités avancées du DVB-SI telles que le déclenchement, la gestion automatique de la bande passante et le multi-itinéraire. Lorsqu'il est couplé avec le serveur de diffusion Coral iTV ou le serveur de HbbTV, il forme une solution de données complète qui peut être exploitée par des applications telles que third-party OpenTV, MHP et HbbTV.

### Adaptation SFN - Gateway DVB-T2 :

L'adaptation SFN est réalisée dans le multiplexeur NetProcessor. Dans le commutateur de redondance 1+1, les méga-frames des deux unités sont synchronisés, évitant ainsi la resynchronisation sur la sauvegarde switchover. Le NetProcessor intègre la fonctionnalité de Gateway DVB-T2, délivrant ainsi jusqu'à quatre flux T2-MI sur IP ou ASI.

### Services HbbTV à large bande linéaires :

Combiné avec la solution d'encodage ViBE multivision VS7000, le réseau national TNT peut fournir des services de télévision linéaires supplémentaires sur Internet pour les téléviseurs et les appareils mobiles.

## 3. Solution globale DVB-T2 d'ENENSYS :

### 3.1 Présentation :

La norme DVB-T2 est le système TNT le plus avancé actuellement en offrant une meilleure efficacité, robustesse et flexibilité. Il augmente considérablement la capacité de transmission du canal pour répondre aux exigences du HD, UHD et 3D.

Le déploiement du réseau DVB-T2 implique l'insertion du Gateway T2, la mise à jour des émetteurs avec modulateurs DVB-T2, ainsi que le remplacement de STB avec les nouveaux adaptateurs DVB-T2 (**Figure 13**). L'architecture reste la même pour les deux modes PLP simple ou M-PLP. ENENSYS fournit une solution de bout-en-bout DVB-T2 qui gère la complexité de la norme et offre le meilleur de la solution DVB-T2 sur le marché.

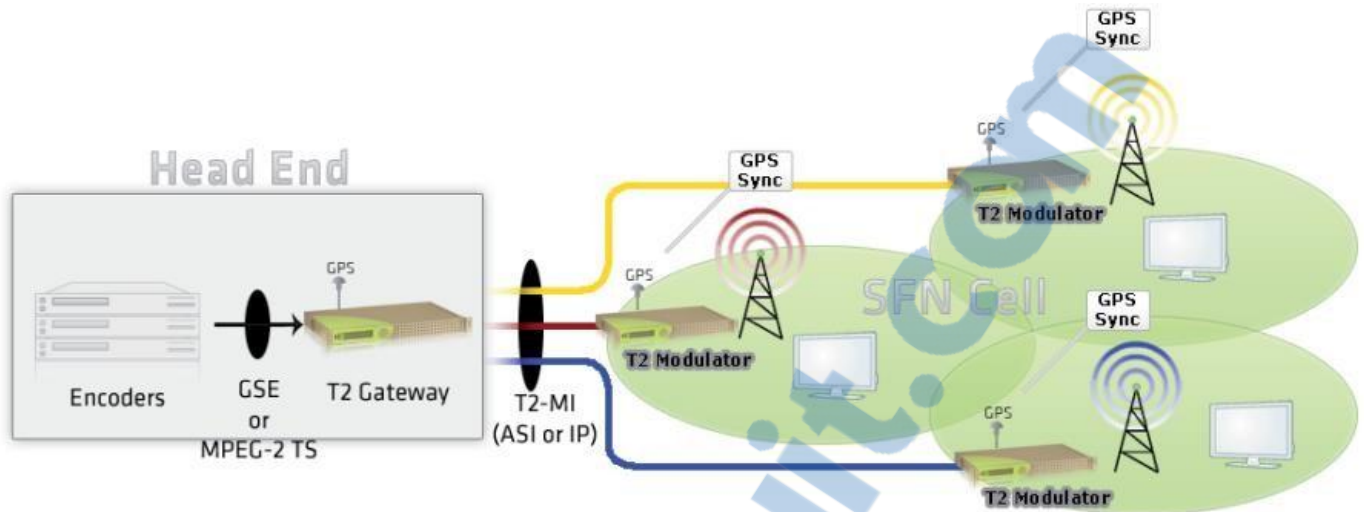


Figure 13 : Réseau général DVB-T2 SFN d'ENENSYS [4]

### 3.2 Solution de bout-en-bout DVB-T2 :

#### 3.2.1 Architecture du réseau :

La figure suivante présente l'architecture du réseau global (national et régional) DVB-T2 en SFN et MFN proposée par ENENSYS :

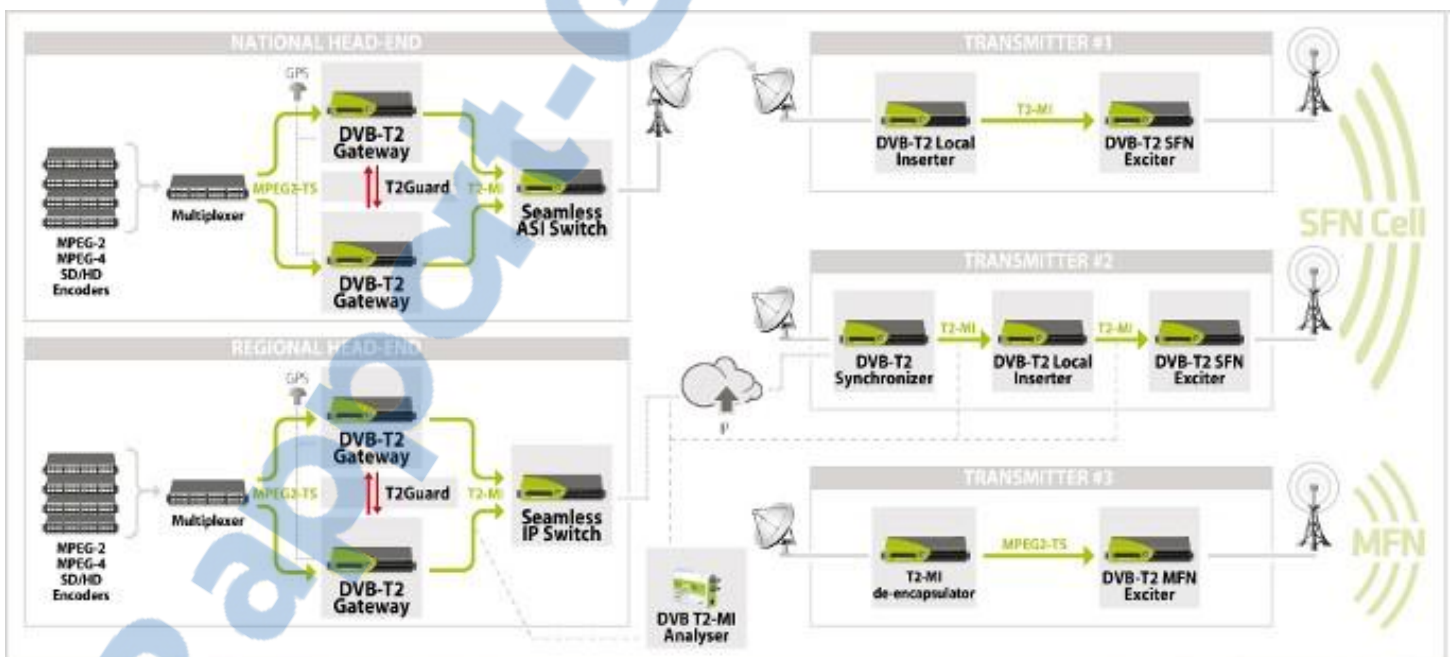


Figure 14 : Architecture du réseau global DVB-T2 d'ENENSYS [4]

#### 3.2.2 Composants du réseau :

L'architecture du réseau global DVB-T2 d'ENENSYS est composée des éléments suivants :

**Gateway DVB-T2 : NN6-T2 Gateway™** est le corps central du réseau DVB-T2 :

- ❖ Caractérisé par sa robustesse et interopérabilité éprouvées.
- ❖ Encapsulation de MPEG-2 Transport Stream en DVB-T2 multiplex.
- ❖ Contrôle complet des paramètres de modulation T2.

## Chapitre III : Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial

---

- ❖ Management du réseau de SFN/MISO.
- ❖ Management des PLPs.
- ❖ Output T2-MI sur ASI ou IP.

**Redondance sécurisé 1+1 : T2Guard™** est une solution de redondance pour deux T2-Gateways :

- ❖ Mécanisme breveté de redondance 1+1.
- ❖ Fonctionnement transparent du Gateway DVB-T2.
  - Synchronisation de trame T2 garanti.
  - La redondance transparente dans SFN et MFN.
  - Hot-swap de l'unité défectueuse pendant le fonctionnement.

**Switch T2-MI : ASIGurarII™ et IPGuard™** est un commutateur sans interruption :

- ❖ Mécanisme de redondance 1+1 entre les deux flux T2-MI.
- ❖ Commutation transparente du T2-Gateway avec T2Guard.
- ❖ Mécanisme passif et avancé du bouclage sur ASI ou IP.

**Adaptateur local DVB-T2 : T2Edge II™** pour l'activation de régionalisation DVB-T2 :

- ❖ Solution brevetée pour l'insertion du contenu local dans le multiplex sur des réseaux SFN.
- ❖ Norme de solution en utilisant la substitution PLP DVB-T2 ou d'un mécanisme d'agrégation de PLP.
- ❖ Réduire le coût annuel OPEX en fournissant une seule fois le contenu national.

**DVB-T2 Modulators / Exciters : NetModII-DTTV™** sont des modulateurs de diffusion :

- ❖ Conforme avec SFN/MISO.
- ❖ Supporte Single et Multiple PLP.
- ❖ Des performances remarquables.
- ❖ Supporte DVB-T/H.

**T2-MI de-encapsulateur : Inverse™** est l'inverse du Gateway T2 :

- ❖ De-encapsulation des flux T2-MI dans MPEG-2 TS.
- ❖ Supporte Single et Multiple PLP.
- ❖ Fonctions de surveillance avancées.

**Analyseur DVB-T2-MI : DiviDual T2-MI™** est un analyseur de bande de base qui permet de :

- ❖ Valider et analyser les signaux T2-MI et MPEG2 TS en temps réel.
- ❖ Analyser et visualiser les flux DVB-T2.

## 4. Solution DVB-T2 d'ATEME :

### 4.1 Présentation :

ATEME est un fournisseur de solutions de transcodage vidéo pour les industries de la radiodiffusion et des télécommunications, il fournit également des produits professionnels pour la

## Chapitre III : Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial

contribution, la distribution IPTV. L'architecture général du réseau DVB-T2 SFN est illustrée par la figure suivante :

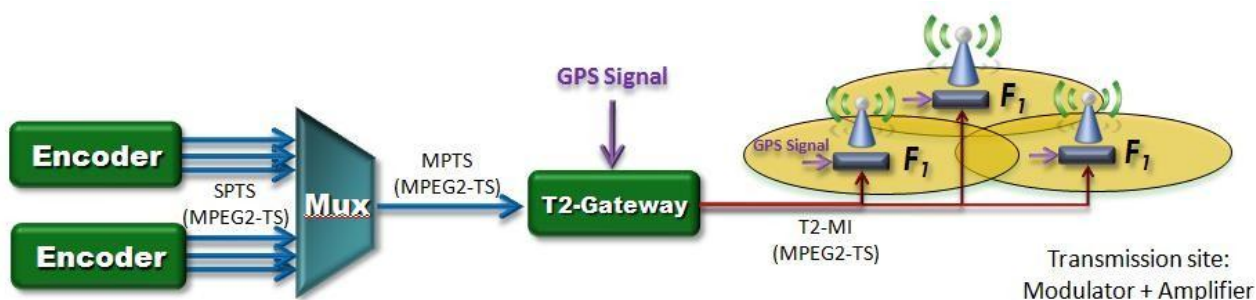


Figure 15 : Architecture générale DVB-T2 SFN d'ATEME [5]

### 4.2 Solution Ateme pour DVB-T2 :

#### 4.2.1 Architecture du réseau :

La figure suivante présente l'architecture de la tête de réseau proposée par ATEME qui utilise des équipements d'ATEME, ENENSY et SPECTRACOM :

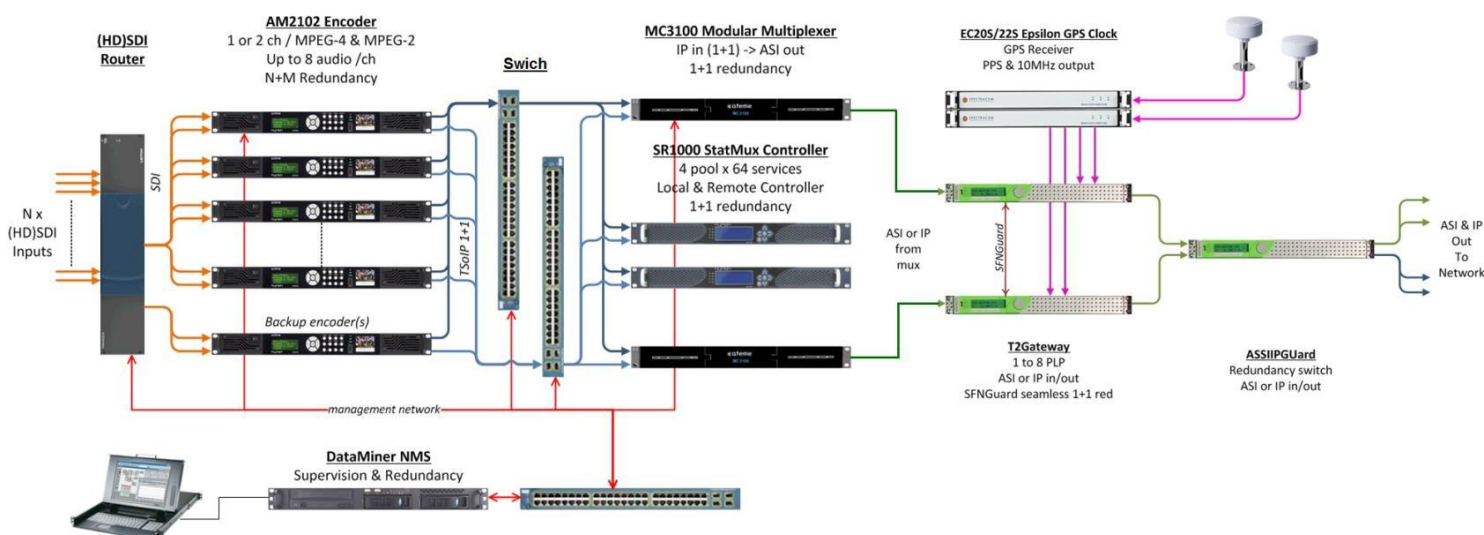


Figure 16 : Architecture de la plateforme DVB-T2 d'ATEME [5]

#### 4.2.2 Composants du réseau :

L'architecture de la plateforme DVB-T2 est composée essentiellement des éléments suivants:

##### ATEME AM2102 Encoder :

L'AM2102 ATEME Kyrion™ est un encodeur d'une haute qualité vidéo, Multi-Channel H264 et MPEG-2 conçue pour répondre à un large éventail d'applications de télévision numérique. Ses principales caractéristiques sont :

- ❖ SD/HD, MPEG-2, H264 4:2:0 8 bits.
- ❖ Flux de diffusion simultanée sur un maximum de quatre primaires + 4 destinations de sauvegarde sur IP.

## Chapitre III : Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial

---

- ❖ Support du multiplexage statistique.
- ❖ Surveillance d'input Audio/Vidéo.

### ATEME MC3100 Modular Multiplexer :

Le MC3100 Kyrion est un multiplexeur de plateforme qui simplifie le déploiement pour les ingénieurs et les programmes opérationnels. Il est développé spécifiquement pour les exploitants de DTH, le multiplexeur effectue une analyse complète de la source PSI/SI et PSIP. Ses principales caractéristiques sont :

- ❖ Inputs ASI ou IP (Electrique ou optique) et outputs ASI, IP et COFDM (Electrique ou optique).
- ❖ Maximum de 24 entrées ASI.
- ❖ Analyse des inputs PSI/SI/PSIP.
- ❖ Support DVB et brouillage AES.
- ❖ DVB-T/T2 SFN avec insertion MIP integer.
- ❖ Multiplexage statistique avec allocateur SR1000 Smart Rate d'ATEME.
- ❖ N'importe quel nombre de sorties TS à moins de 250 services et 800 Mbps.

### ATEME SR1000 StatMux Controller :

Le SR1000 est un allocateur statistique innovant. Le SR1000 offre l'optimisation de la bande passante inégalée, grâce à de nouveaux algorithmes statistiques, jusqu'à 30% de la bande passante peut être enregistré par rapport au mode CBR. Ses principales caractéristiques sont :

- ❖ Support MPEG-2/MPEG-4.
- ❖ Multiplexage statistique distribué sur WAN.
- ❖ Synchronisation en utilisant un algorithme propriétaire.
- ❖ Réseau tolérant et messagerie aller-retour jusqu'à 450 ms.
- ❖ Support de contrôle SNMP.
- ❖ Redondance N+1.
- ❖ Support des encodeurs mixtes SD/HD.

### DataMiner NMS :

La capacité de gérer plusieurs équipements à partir d'un seul emplacement est souvent une nécessité pour les grandes installations, pour cela ATEME a développé son DataMiner NMS. Ce système est capable de surveiller et de contrôler pratiquement tous les équipements de la tête de réseau. Ses principales caractéristiques sont :

- ❖ Assurer un fonctionnement 24/7 avec détection de panne et la récupération automatique.
- ❖ Fonctionnement sécurisé avec gestion des droits et profils d'utilisateurs.
- ❖ Guide User Interface (GUI) facile à utiliser.
- ❖ Support de plus que 3000 produits.
- ❖ PC, Mac, VM et clients mobiles.



### **EC20S/22S Epsilon GPS Clock :**

L'Epsilon Clock Modèle EC20S fabriqué par SPECTRACOM fournit des signaux de temps et de fréquence précis et stables pour une synchronisation de haute performance. L'architecture optimisée de l'appareil est bien adaptée à l'émetteur de synchronisation des signaux de diffusion numérique (DVB-T/T2, T-DMB, DAB ou DRM) dans les réseaux à fréquence unique (SFN) : la densité de ports élevée permet de synchroniser jusqu'à 10 émetteurs simultanément sur le même site.

## **5. La plateforme Nimbra de Net Insight :**

### **5.1 Présentation :**

La plateforme Nimbra de Net Insight fournit la solution la plus efficace et évolutive de transport optique et via IP, le Broadcast, la télévision numérique terrestre, la télévision mobile (DVB-H) et IPTV/Réseaux Triple Play.

La plate-forme Nimbra est déployée en tant que technologie de base dans grand nombre de chaînes de télévision numérique terrestre nationales, y compris le réseau de la TNT de la Norvège, le plus grand dans le monde. Les réseaux Nimbra TNT ne fournissent non seulement la distribution de la télévision nationale, mais ils prennent également en charge des services supplémentaires tels que la contribution pour la télévision, la distribution de la radio, la télévision mobile, production IP, contribution pour les événements en direct, la gestion à distance d'équipements tiers.

La plateforme Nimbra de Net Insight dispose d'un noyau QoS avec une multidiffusion puissante 100% et une gestion de la bande passante extrêmement efficace des ressources, ce qui en fait la solution de transport préféré pour les réseaux de télévision numérique terrestre TNT. Le support complet du multiservice permet aux applications la contribution au cours de la même infrastructure et permet une extension lisse et rentable à la distribution de la télévision mobile. La fonctionnalité de l'unique temps de transfert élimine le besoin pour les récepteurs GPS dans les zones SFN [6].

### **5.2 La plateforme Nimbra de Net Insight pour DTT :**

#### **5.2.1 Architecture du réseau :**

La figure suivante présente l'architecture générale du réseau de la plateforme Nimbra de Net Insight DVB-T/-H :

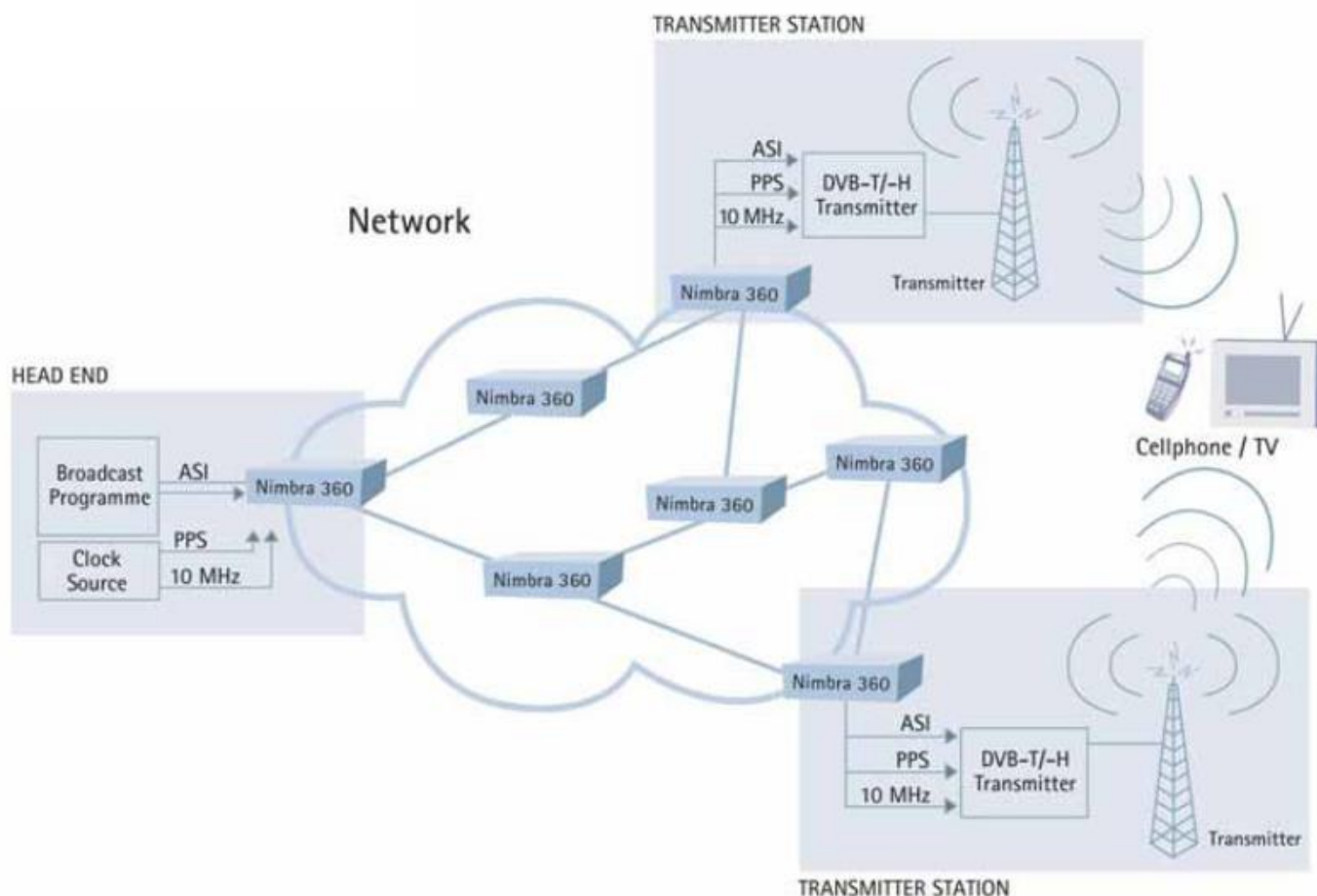


Figure 17 : Réseau DTT et télévision mobile NIMBRA [6]

La plateforme Nimbra transporte un signal ASI sur le réseau en éliminant la nécessité pour le réseau à des adaptateurs ASI aux têtes de réseau et sites d'émission de l'antenne. Signaux ASI ou IP MPEG sont insérés directement dans les produits Nimbra à la tête de gamme et sont multicast sur le réseau vers les sites de transmission de liaison directement avec ASI dans les antennes.

Les opérateurs de télévision déployant la télévision numérique terrestre sur la base de la plateforme d'Insight Net Nimbra obtiennent non seulement un réseau TNT, mais une infrastructure de transport multi-service qui ouvre de nouvelles opportunités d'affaires. Les services de télévision mobile sont facilement ajoutés si répartie sur ASI, MPEG IP ou E1. Les cartes E1 permettent également la distribution de la radio numérique. Ajout d'une épine dorsale haute vitesse et HD-SDI, SDI, ASI, AES-EBU, et les interfaces IP / Ethernet transforme le réseau dans une très puissante plate-forme de contribution des médias.

### 5.2.2 Composants du réseau :

Les produits de Net Insight Nimbra comprend une gamme complète de matériel de transport vidéo-centrique permettant une solution de réseau sans coupure à partir du squelette de base sur le site des locaux du client ou de l'émetteur de l'antenne [6].

## Chapitre III : Benchmarking sur les solutions de DTT commercialisées dans le marché mondial

### Famille Nimbra 600

Nimbra 680 et 688 sont des commutateurs Nimbra de classe transporteur pour les médias de grande capacité, CATV et des réseaux IPTV. Nimbra 680 offre jusqu'à 80 Gbps redondante, non bloquante capacité de commutation et 8 emplacements pour modules d'interface de la circulation dans un châssis 6 RU compact. Nimbra 688 a deux fois la capacité d'interface. Conseils de trafic disponibles comprennent OC-3 / STM-1 / STM-64 SONET / SDH et haute densité Gigabit Ethernet et HD / SD SDI modules OC-192. Options d'interface comprennent CWDM et DWDM.



### Nimbra One

Nimbra One est un commutateur de périphérie avec un large choix d'interfaces d'accès et le tronc. 7 emplacements sont disponibles pour les conseils de la circulation, y compris OC-3 / STM-1, OC-12 / STM-4, OC-48 / STM-16, Fast Ethernet et Gigabit Ethernet, DVB-ASI, SDI, E1 / DS1 et AES / EBU. Les options d'interface comprennent le CWDM et DWDM. Pour être utilisé dans la tête de gamme et plus grands sites d'émetteurs, alternativement dans les sites combinés TNT / DAB et de contributions, avec l'ASI, E1 et potentiellement GbE et SDI accès.



### Famille Nimbra 300

Nimbra 300 est une famille de dispositifs d'accès de service Multi Compact. Nimbra 340 et Nimbra 360 sont spécifiquement conçus pour la TNT et les réseaux de télévision mobile pour être placé sur les stations émettrices. Le châssis 2 RU a une capacité de commutation de 5 Gbps et est livré avec un haut-port Ethernet Gigabit et soit deux ports DVB-ASI bidirectionnels (340) ou 4 ports SDH/SONET (360). En outre, deux emplacements sont disponibles pour les modules de plug-in avec le même ensemble d'interfaces prises en charge que pour Nimbra One. Nimbra 360 dispose également d'une PPS et des ports 10 MHz pour la synchronisation SFN.



### Nimbra VISION

Nimbra VISION est un système de gestion de réseau globale pour les réseaux Nimbra. Avec fonctionnalité FCAPS complète est prise en charge sur les interfaces SNMP standard. Nimbra Vision surveille en permanence le réseau pour les défauts ou dégradation des performances et affiche l'état dans une vue centralisée du réseau. Les services sont facilement provisionnés en cliquant sur les nœuds finaux dans la carte Nimbra Vision.



## 6. Solution R&S®AVHE100 de Rohde&Schwarz :

### 6.1 Présentation :

La solution R&S®AVHE100 pour encodage et multiplexage est un système modulaire hautement intégré qui fournit toute la fonctionnalité d'une tête de réseau dans un encombrement extrêmement réduit. Il combine des développements sophistiqués de Rohde&Schwarz avec les technologies informatiques actuelles. Les fonctionnalités de R&S®AVHE100 sont largement à base de logiciels, avec seulement quelques modules matériels, normalisées. La tête peut donc être flexible et configurée pour une large gamme d'applications. Les flux de signal dans la tête de réseau sont entièrement basés sur IP [7].

La figure suivante présente les composantes principales de la plateforme R&S®AVHE100 qui sont nommées R&S®AVG100 (en haut) et R&S®AVS100 (en bas) :

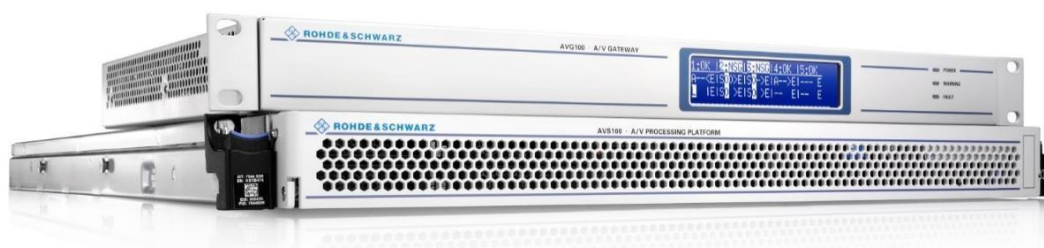


Figure 18 : La plateforme R&S®AVHE100 [8]

La tête de réseau possède un système intuitif, une gestion de tête de réseau qui permet aux utilisateurs de contrôler et de surveiller l'ensemble des flux via une seule interface graphique. Le R&S®AVHE100 adopte une approche unique d'architecture de tête de réseau, combinant des modules de logiciels best-in-class avec des solutions matérielles hautement fiables et compacts pour fournir la première solution tête de réseau de diffusion tout-IP de l'industrie.

### 6.2 La tête de réseau R&S®AVHE100 de Rohde&Schwarz :

#### 6.2.1 Architecture du réseau :

La figure suivante présente l'architecture du réseau de la plateforme R&S®AVHE100 de Rohde&Schwarz en déterminant les fonctionnalités exercées par chaque composante :

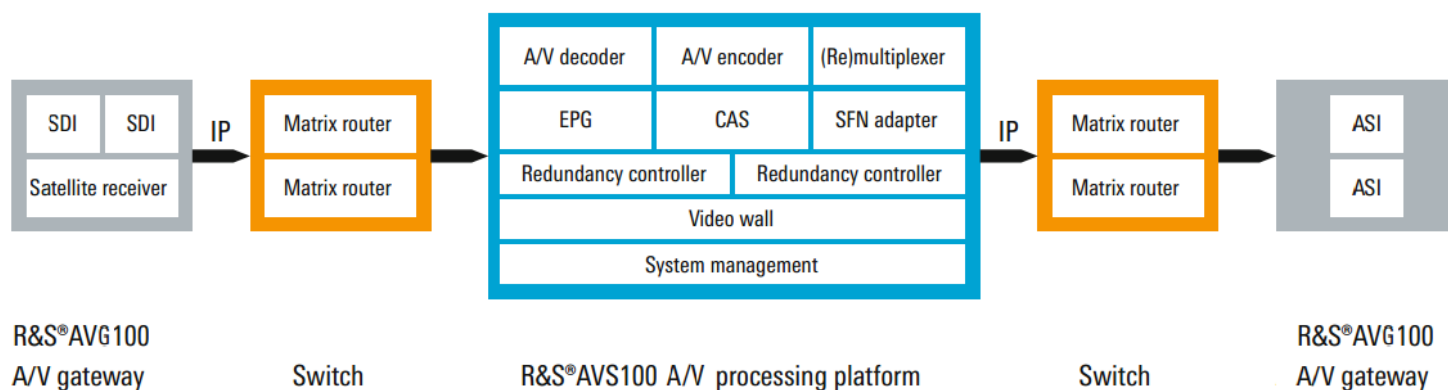


Figure 19 : Architecture du réseau de la plateforme R&S®AVHE100 [7]

### 6.2.2 Composants du réseau :

La haute performance R&S®AVHE100 intègre les fonctions de codage/multiplexage de nombreux composants matériels distincts en seulement deux dispositifs : le Gateway R&S®AVG100 pour convertir les signaux d'entrée à la propriété intellectuelle, et de la plateforme de traitement R&S®AVS100 pour le traitement des tâches spécifiques de la tête de réseau.

#### R&S®AVG100 audio/video Gateway :

Le R&S®AVG100 audio/video Gateway (**Figure 20**) convertit le signal SDI, ASI et les formats d'entrée AES UER, qui sont encore largement utilisés dans la radiodiffusion, au format IP, et convertit les signaux de sortie de la tête de réseau IP retour à ASI.



**Figure 20 : R&S AVG100 audio/video Gateway [7]**

Différents modules de plug-in sont disponibles [7] :

#### R&S®AVG-B102 :

Le module de traitement R&S®AVG-B102 offre deux entrées pour toute combinaison de signaux HD-SDI ASI, SD-SDI. Si nécessaire, ce module peut sortir du flux de transport généré via ASI sur les deux ports. Jusqu'à cinq de ces modules peuvent être logés dans une unité de base, pour un total de dix entrées.

#### R&S®AVG-B103 :

Le module d'entrée AES R&S®AVG-B103 étend la R&S®AVG-B102, fournissant huit entrées supplémentaires, équilibrées AES/EBU (stéréo). Lorsqu'il est combiné avec le R&S®AVG-B102, jusqu'à deux modules d'entrée AES peut être utilisé dans une unité de base.

#### R&S®AVG-B104 :

Le module de séparation (Slitting) R&S®AVG-B104 peut diviser un signal ASI ou SDI jusqu'à trois signaux pour nourrir des chemins redondants et l'équipement de surveillance. Le R&S®AVG100 peut être équipé de jusqu'à deux de ces modules.

#### R&S®AVG-B111 :

Le module récepteur satellite R&S®AVG-B111 peut recevoir jusqu'à deux signaux DVB-S/DVB-S2 et décrypte le flux de transport brouillés DVB-CA. Le R&S®AVG100 peut être équipé de deux modules de réception par satellite de recevoir un total de quatre signaux satellites.

#### R&S AVS100 audio/video processing platform :

La plate-forme de traitement audio / vidéo R&S®AVS100 (**Figure 21**) est le composant de base dans le système de tête de réseau. Son système de gestion intégré permet aux utilisateurs de configurer de manière centralisée, contrôler et surveiller la tête de réseau R&S®AVHE100.

R&S®AVS100 audio/video processing platform.



**Figure 21 : R&S AVS100 audio/video processing platform [7]**

Les fonctions de base réalisées par le R&S®AVS100 [7]:

- ❖ Décodage de SD ou HD, l'encodage MPEG-2 ou MPEG-4 / H.264.
- ❖ Multiplexage statistique.
- ❖ Multiplexage d'un flux de transport DVB.
- ❖ Insertion des informations de signalisation de DVB-S, DVB-S2, DVB-T, DVB-T2.
- ❖ Adaptateur SFN DVB-T ou ISDB-TB.
- ❖ Gateway DVB-T2 avec SPLP / MPLP.
- ❖ Affichage du contenu de tous les flux d'entrée (ASI, IP, SD-SDI, HD-SDI) et les flux de sortie (ASI or IP)
- ❖ Système de gestion de tête de réseau HMS (Headend management system).

### 7. Comparaison :

Le tableau suivant regroupe les avantages et les inconvénients de chacune des plateformes DTT représentées dans le Benchmarking :

Solution	Avantages	Inconvénients
<b>Solution DTT DVB-T/T2 de THOMSON</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie IP ou ASI.</li> <li>• Multiplexage statistique (statmux).</li> <li>• Support de la régionalisation.</li> <li>• Services Data : EPG, Teletext, HbbTV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande plateforme.</li> <li>• Non compatible DTT/DTH.</li> </ul>
<b>Solution globale DVB-T2 d'ENENSYS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie IP ou ASI.</li> <li>• Support de la régionalisation.</li> <li>• Installation et maintenance aisée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande plateforme.</li> <li>• Non compatible DTT/DTH.</li> </ul>
<b>Solution DVB-T2 d'ATEME</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie IP ou ASI.</li> <li>• Multiplexage statistique (statmux).</li> <li>• Support Up-scale SD vers HD.</li> <li>• Support de la régionalisation.</li> <li>• Efficacité énergétique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plateforme regroupe plusieurs constructeurs.</li> <li>• Non compatible DTT/DTH.</li> </ul>
<b>La plateforme Nimbra de Net Insight</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Support de l'IPTV et Triple Play.</li> <li>• OPEX réduit à 50%.</li> <li>• Support le multicast.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DVB-H technologie dépassée.</li> <li>• Non compatible DTT/DTH.</li> </ul>
<b>Solution R&amp;S®AVHE100 de Rohde&amp;Schwarz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie tout IP.</li> <li>• Toute une plateforme en 2 équipements.</li> <li>• Haute redondance.</li> <li>• CAPEX et OPEX réduits.</li> <li>• Consommation en énergie réduite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie complexe.</li> <li>• Difficulté de la maintenance.</li> <li>• Ne supporte pas l'Up-scale.</li> <li>• Non compatible DTT/DTH.</li> <li>• Pas gestion de la partie modulation.</li> </ul>

**Tableau 4 : Avantages et inconvénients des solutions DTT**

## **8. Conclusion :**

A travers ce chapitre nous avons présenté les principales solutions de diffusion DTT en DVB-T/T2 commercialisées par plusieurs constructeurs dans le marché mondial. En conclusion, il y a une diversité de l'offre avec l'utilisation de nouvelles technologies soit au niveau matériel et logiciel mais chacune de ces solutions présente des avantages et des inconvénients. Dans le chapitre suivant on propose une nouvelle solution permettant la diffusion DTT et DTH en utilisant la même plateforme et capacité spectrale, il s'agit de la solution lancée par ENENSYS sous le nom de « OneBeam DTH+DVB-T2 ».

# Chapitre IV

## **Solution OneBeam de diffusion DTH+DVB-T2 d'ENENSYS**

*Dans ce chapitre, nous présentons la nouvelle solution de transmission DTH et DVB-T2 OneBeam développée par ENENSYS en réalisant une étude technique et financière et une feuille de route pour l'implémentation de cette solution.*



### 1. Introduction :

Habituellement, pour desservir les deux applications DTT et DTH, il est nécessaire d'utiliser deux réseaux de distribution différents avec des ressources spatiales distinctes due aux contraintes liées au DVB-T/T2. Mais grâce à de nouvelles technologies, il est possible avec la même porteuse de fournir une solution satellitaire permettant :

- ❖ La diffusion d'une porteuse DTH pour un parc client utilisant des antennes paraboliques grand public de 90 cm et de 1m.
- ❖ L'alimentation des sites d'émission de la télévision numérique DTT.

OneBeam est une solution développée par ENENSYS qui permet de réduire les coûts OPEX par satellite en délivrant le service Direct To Home (DTH) et la distribution TV DVB-T2 (DTT) sur le même signal satellite.

### 2. Présentation de la solution OneBeam DTH+DVB-T2 :

OneBeam ENENSYS est la solution de bout en bout pour construire un multiplex DTT provenant d'une source DTH. Il repose sur le même transpondeur satellite pour offrir les deux services de DTH et TNT, réduisant considérablement les coûts OPEX avec retour sur investissement rapide. OneBeam pour le DVB-T2 est une véritable solution avancée qui s'applique pour les services DVB-T2 et conçu pour les réseaux à fréquence unique SFN [].

#### 2.1. Architecture de OneBeam :

La figure suivante présente l'architecture de la plateforme OneBeam DTH+DVB-T2 d'ENENSYS en présentant ses composantes :

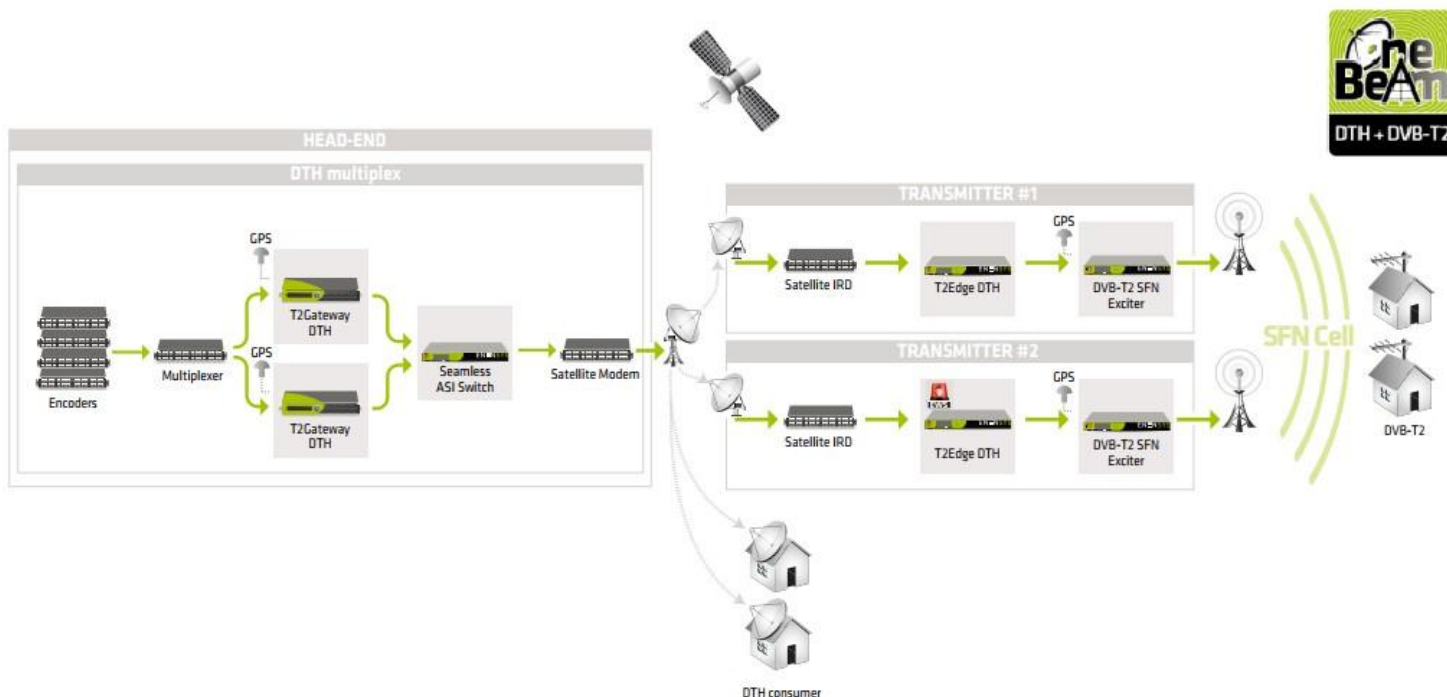


Figure 22 : Architecture de la plateforme OneBeam DTH+DVB-T2 [9]

### 2.2. Avantages :

La solution OneBeam DTT+DVB-T2 peut être utilisée pour les services DTH existants pour déployer la TNT ou pour des services simultanés TNT et les chaînes de télévision payantes DTH. Il présente également plusieurs avantages :

- ✓ Optimisation de la bande passante afin de réduire les coûts d'exploitation annuelle OPEX.
- ✓ Retour sur investissement (ROI) très rapide.
- ✓ Support complet de la DTH, DVB-T et DVB-T2.
- ✓ Couverture à 100% des zones blanches.
- ✓ Réutilisation des équipements du réseau existant.
- ✓ Solution testée et éprouvée sur le terrain.
- ✓ Support de la régionalisation.
- ✓ Support du PLP unique et PLP multiple.
- ✓ Solution soutenue par GUI facile à utiliser.
- ✓ Système vidéo d'alerte d'urgence.

### 2.3. Déploiement de la solution par SOREAD 2M :

Pour optimiser les coûts et exploiter le mieux l'existant au niveau du matériel, on propose de réutiliser les encodeurs, les multiplexeurs, les switches ASI, les récepteurs et les modems Satellite déjà utilisés par la plateforme MCPC puisqu'ils sont tous compatibles DTH et utilisent des technologies récentes.

La figure suivante illustre l'architecture du réseau de bout en bout dans le cas du déploiement de la solution « OneBeam DTH+DVB-T2 » par le réseau terrestre de SOREAD 2M pour un exemple de deux sites d'émission (Casablanca et Rabat) :

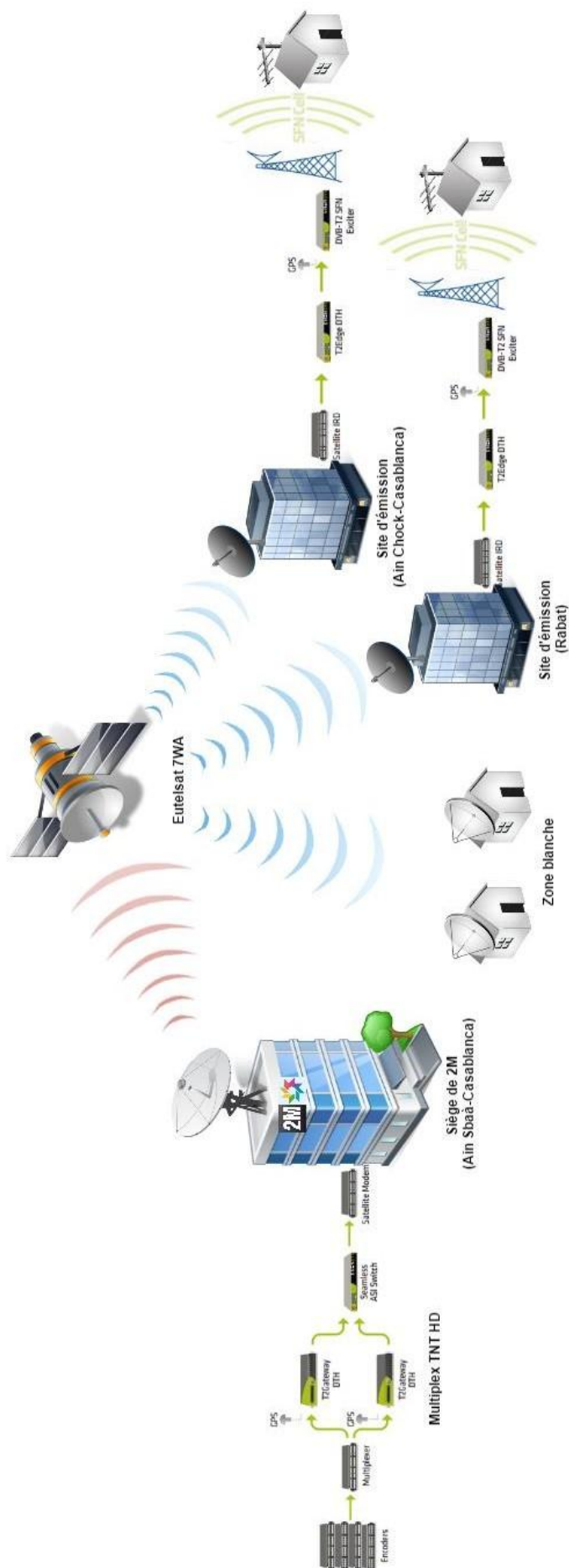


Figure 23 : Exemple de déploiement de la solution par SOREAD 2M

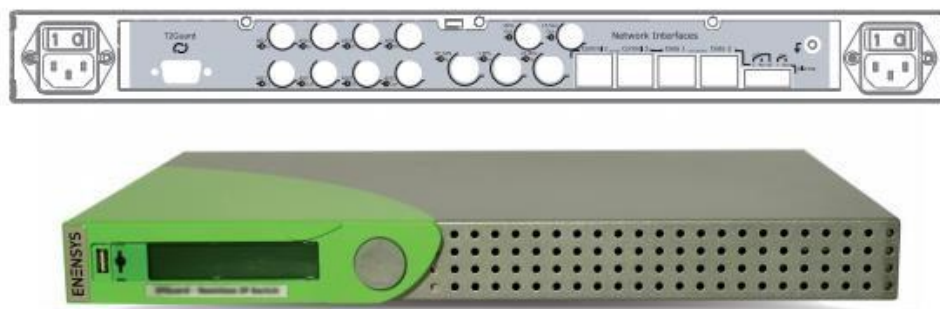
### 3. Etude technique :

A côté des équipements déjà existants dans une plateforme de diffusion DTH comme les encodeurs, les multiplexeurs et les modems satellite, la plateforme OneBeam DTH+DVB-T2 est composée de quatre équipements compatibles DTH et DVB-T2 :

- ❖ **T2 Gateway DTH** : Gateway DVB-T2 DTH.
- ❖ **ASI-IP-Guard** : Seamless ASI switch.
- ❖ **T2 Edge DTH** : Adaptateur local DTH vers DVB-T2.
- ❖ **Netmod II DTTV** : modulateur de diffusion DVB-T2.

#### 3.1. T2 Gateway DTH :

T2 Gateway DTH est un Gateway DVB-T2 d'ENENSYS pour la diffusion DTH qui fait partie de la solution OneBeam DTH+DVB-T2. Fonctionnant à l'extrémité de tête de réseau (headend), le T2-Gateway DTH est l'organe central du réseau DVB-T2, offrant un contrôle dans la bande de signalisation à distance en collaboration avec le T2Edge DTH sur les sites d'émission. La figure suivante présente le T2Gateway DTH d'ENENSYS :



**Figure 24 : T2Gateway DTH d'ENENSYS [10]**

T2Gateway DTH définit l'ensemble de la configuration du réseau DVB-T2 en générant les informations nécessaires à l'horodatage SFN. Il décrit les services DTH aux différents PLPs et insère les informations dans la bande de contrôle ainsi que les informations de synchronisation dans le flux DTH sans aucun impact sur la diffusion DTH.

#### **Caractéristiques :**

- ❖ Basé sur les standards DVB-S/S2 et DVB-T2.
- ❖ Aucun impact sur le débit DTH.
- ❖ Contrôle central du réseau DVB-T2.
- ❖ Gestion des PLP unique et multiple.
- ❖ Support du SFN/MISO.
- ❖ Interface graphique GUI facile à utiliser.
- ❖ Synchronisation SFN basé sur horloge GPS interne ou externe.

Le tableau suivant regroupe tous les caractéristiques physiques du T2 Gateway DTH :

<b>Dimensions</b>	44 x 444 x 274 mm
<b>Face avant</b>	Ecran LCD et boutons de contrôle
<b>Alimentation</b>	100-240V 50/60Hz 48V DC (option)
<b>Consommation</b>	20W
<b>Entrées</b>	<b>Contrôle</b> : 2x Gigabit Ethernet (RJ45) <b>Source DTH</b> : 1x Gigabit Ethernet (RJ45) 2x entrées ASI redondant <b>GPS</b> : 1x entrée PPS et 1x entrée 10 MHz 1x TNC pour GPS interne
<b>Sorties</b>	<b>Flux DTH</b> : 2x sorties ASI 1x Gigabit Ethernet <b>GPS</b> : 1x sortie PPS et sortie 10 MHz

Tableau 5 : Caractéristiques physiques du T2Gateway DTH

### 3.2. ASI-IP-Guard :

ASI-IP-Guard est un commutateur ASI d'ENENSYS (**Figure 25**) innovant et dense qui permet une redondance automatique 2:1 ou 3:1 des signaux ASI et IP. Il peut fournir des capacités de commutation sans interruption pour des signaux MPEG-2 TS ou flux T2-MI identiques arrivants des T2Gateways.



Figure 25 : Switch ASI-IP-Guard d'ENENSYS [11]

En DVB-T2, l'ASI-IP-Guard peut passer en toute transparence entre les T2-MI redondants. Il peut fournir un mécanisme automatique 1+1 de redondance entre deux T2Gateway DTH comme il est illustré dans la **figure 26**. Combiné avec le Gateway DVB-T2 d'ENENSYS, NN6 T2-Gateway et la technologie brevetée DTH-Guard, l'ASI-IP-Guard offre une solution de redondance sûr pour la radiodiffusion DVB-T2.

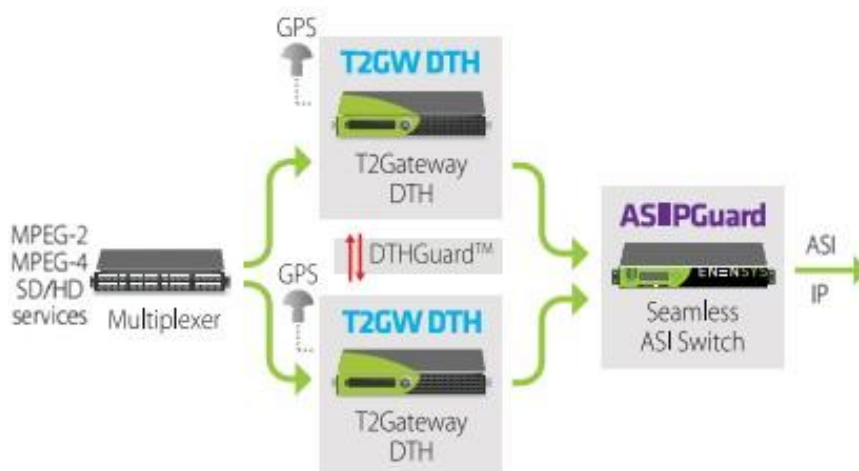


Figure 26 : Mécanisme de redondance 1+1 d'ASI-IP-Guard [11]

**Caractéristiques :**

- ❖ Commutation automatique entre 2 ou 3 MPEG-2 TS.
- ❖ Plusieurs modes de commutation.
- ❖ Basculer entre les 2 ou 3 alimentations ASI.
- ❖ Surveillance en temps réel des flux entrants.
- ❖ Interface graphique GUI facile à utiliser.
- ❖ Multistandard (DVB, ATSC, ISDB, ...)

Le tableau suivant regroupe tous les caractéristiques physiques de l'ASI-IP-Guard :

<b>Dimensions</b>	43 x 443,7 x 322,8 mm
<b>Face avant</b>	Ecran LCD et boutons de contrôle
<b>Alimentation</b>	100-240V 50/60Hz 48V DC (option)
<b>Consommation</b>	20W
<b>Entrées</b>	<b>Contrôle :</b> 2x Gigabit Ethernet (RJ45) <b>MPEG-2 TS :</b> 2x entrées ASI + 1x entrée ASI additionnel Jusqu'à 2x Gigabit Ethernet (RJ45)
<b>Sorties</b>	<b>MPEG-2 TS :</b> Jusqu'à 4x sorties ASI Jusqu'à 2x Gigabit Ethernet (RJ45)

**Tableau 6 : Caractéristiques physiques du ASI-IP-Guard**

**3.3. T2Edge DTH :**

T2Edge DTH est l'adaptateur DVB-T2 locale de la solution OneBeam DTH+DVB-T2. Fonctionnant sur le site de transmission avant l'émetteur DVB-T2 et en liaison avec les unités T2Gateway DTH à la tête du réseau, la T2Edge DTH vise à recevoir un flux DTH pour construire un nouveau multiplex DVB-T2. Il sélectionne les services du flux DTH et génère un flux T2-MI. Le T2EdgeDTH effectue un traitement PSI/SI pour mettre à jour les informations liées aux services filtrés.



**Figure 27 : Adaptateur T2-Edge DTH d'ENENSYS [12]**

**Caractéristiques :**

- ❖ Basé sur les standards DVB-S/S2 et DVB-T2.
- ❖ Gestion du PLP unique et multiple.
- ❖ Mise à jour PSI/SI.
- ❖ Génération du T2-MI pour SFN/MISO sur ASI ou IP.
- ❖ Interface graphique GUI facile à utiliser.

Le tableau suivant regroupe tous les caractéristiques physiques du T2-Edge DTH :

<b>Dimensions</b>	43 x 443,7 x 322,8 mm
<b>Face avant</b>	Ecran LCD et boutons de contrôle
<b>Alimentation</b>	100-240V 50/60Hz 48V DC (option)
<b>Consommation</b>	20W
<b>Entrées</b>	<b>Contrôle</b> : 1x Gigabit Ethernet (RJ45) <b>DTH source</b> : 2x entrées ASI redondant 1x Gigabit Ethernet (RJ45)
<b>Sorties</b>	<b>TS-MI stream</b> : 2x sorties ASI 1x Gigabit Ethernet (RJ45)

**Tableau 7 : Caractéristiques physiques du T2-Edge DTH**

### 3.4. Netmod II DTTV :

NetMod II DTTV modulateur multistandard d'ENENSYS qui permet de diffuser des services de télévision numérique en DVB-T, DVB-H/T2 Lite ou DVB-T2. Il prend en charge la diffusion en PLP unique et multiple. Il fournit l'interface T2-MI sur ASI et IP pour recevoir la configuration et la synchronisation des informations du Gateway DVB-T2. Il prend également en charge la transmission MISO pour améliorer la radiodiffusion SFN.



**Figure 28 : Modulateur Netmod II DTTV d'ENENSYS [13]**

Le modulateur de diffusion NetMod II DTTV a été conçu pour fournir une solution rentable et de haute qualité pour les opérateurs de réseaux de diffusion, intégrateurs de systèmes et fabricants d'émetteurs visant à déployer des services de télévision numérique sur DVB-T, DVB-T2 ou les réseaux DVB-T2 Lite dans des réseaux SFN et MFN.

#### **Caractéristiques :**

- ❖ Modulation DVB-T/T2.
- ❖ Support du PLP unique et multiple.
- ❖ Support des réseaux SFN et MFN.
- ❖ Support de la transmission MISO.
- ❖ Réduction du PAPR.
- ❖ Précorrection automatique adaptative (ADPC).
- ❖ Amplificateur de puissance.
- ❖ Horloge GPS interne et externe.
- ❖ Interface graphique GUI avancé facile à utiliser

Le tableau suivant regroupe tous les caractéristiques physiques du NetMod II DTTV :

<b>Dimensions</b>	44 x 444 x 274 mm
<b>Face avant</b>	Ecran LCD et boutons de contrôle
<b>Alimentation</b>	100-240VAC 48V DC (option)
<b>Consommation</b>	20W
<b>Entrées</b>	<b>T2-MI/MPEG2-TS</b> : 2x DVB-ASI <b>T2-MI</b> : 1x Gigabit Ethernet (RJ45) <b>Contrôle</b> : 1x Gigabit Ethernet (RJ45)
<b>Sorties</b>	<b>Sorties RF</b> : 1x sortie RF principale 1x sortie RF de contrôle Freq : 174-858 MHz Puissance : +2 à -10 dBm

**Tableau 8 : Caractéristiques physiques du NetMod II DTTV**

### 3.5. Synchronisation GPS :

#### 3.5.1. Introduction :

La transmission des signaux DVB-T2 dans un réseau SFN nécessite une synchronisation totale du temps et de fréquence. En effet, pour chaque instant, tous les émetteurs doivent diffuser les mêmes données numériques à la même fréquence exacte.

La synchronisation est très importante pour le système DVB-T/T2, le récepteur doit effectuer des tâches de synchronisation avant de commencer la démodulation des sous-porteuses. En premier lieu le récepteur doit obtenir la synchronisation des symboles corrects afin de minimiser les effets de l'ISI (Inter Symbol Interference), en second lieu, il doit déterminer et corriger le décalage du signal reçu pour éliminer la fréquence porteuse ICI (Inter Carrier Interference). Afin d'assurer cette synchronisation, on utilise un récepteur GPS lié à une antenne.

#### 3.5.2. EC20S Epsilon GPS Clock :

L'Epsilon Clock modèle EC20S de SPECTRACOM (**Figure 29**) fournit des signaux précis et stables de temps et de fréquence pour une application de synchronisation de haute performance. L'architecture optimisée de l'appareil est bien adaptée à l'émetteur de synchronisation des signaux de diffusion numérique (DVB-T/T2, T-DMB, DAB ou DRM) dans les réseaux à fréquence unique modes (SFN): la densité élevée des ports permet de synchroniser jusqu'à 10 émetteurs simultanément sur le même site.

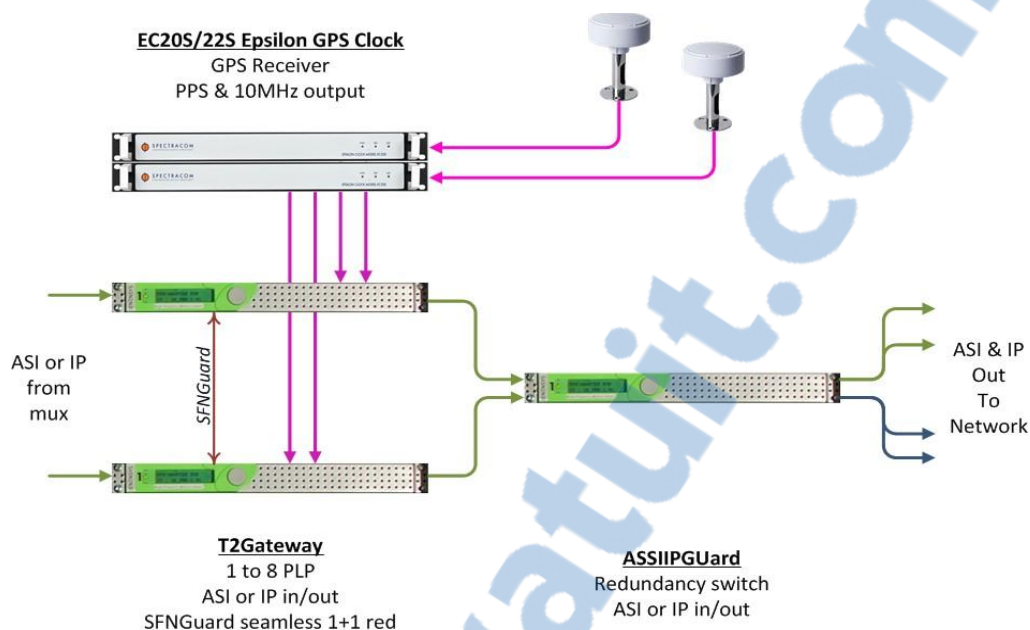


**Figure 29 : EC20S Epsilon GPS Clock de SPECTRACOM [14]**

Pour synchroniser le T2Gateway, un équipement pertinent intitulé EC20S Epsilon GPS Clock est recommandé dans la tête de réseau selon l'architecture illustrée par la **figure 30**.



Pour synchroniser les modulateurs il est nécessaire d'utiliser un EC20S Epsilon GPS Clock dans chaque site d'émission.



**Figure 30 : Synchronisation des T2Gateways [5]**

En utilisant le récepteur GNSS (Global Navigation Satellite System), équipement récent, Epsilon Clock EC20S peut recevoir le GPS et/ou le GLONASS, ce qui augmente la probabilité d'avoir le bon nombre de satellites en vue, notamment le récepteur comprend un T-RAIM (Timing Receiver Autonomous Integrity Monitoring) pour aider à la prévention de l'usurpation d'identité.

### Caractéristiques :

- ❖ Horloge GPS/GLONASS d'haute performance.
- ❖ Grande précision de temps et de fréquence.
- ❖ Bruit à faible phase.
- ❖ Récepteur 32 multi-canal GNSS.
- ❖ Haute densité de ports (10x 1PPS et 10x 10MHz).
- ❖ Gestion de réseau basée sur GUI et SNMP.

Le tableau suivant regroupe tous les caractéristiques physiques d'EC20S Epsilon GPS Clock:

<b>Dimensions</b>	483 x 340 x 44 mm
<b>Poids</b>	< 5 Kg
<b>Alimentation</b>	90 à 264 V / 48 à 63 Hz ± 20 à ± 72 VDC
<b>Consommation</b>	20W
<b>Entrées</b>	<b>Antenne :</b> 1x GPS C/A code / 5V @ 80 mA
<b>Sorties</b>	<b>1PPS :</b> Jusqu'à 10 x sorties 1PPS TTL <b>10 MHz :</b> Jusqu'à 10 x signaux 10 MHz

**Tableau 9 : Caractéristiques physiques d'EC20S Epsilon GPS Clock**

### 3.6. Up-conversion SD/HD :

#### 3.6.1. Introduction :

La Haute Définition (HD) révolutionne la télévision comme l'avait fait la couleur 35 ans auparavant apportant une finesse d'image proche du cinéma et un son multi-canal, la HD vous fera bénéficier du meilleur des progrès de la technologie.

L'arrivée du DVD, du Home Cinéma et des écrans plats nous ont déjà habitués à une image de meilleure qualité que celle de la télévision "traditionnelle". La Haute Définition va encore plus loin avec une qualité d'image quatre à cinq fois supérieure à celle d'une image vidéo standard.

"Qui peut le plus, peut le moins". En effet, la "**downconversion**" un programme HD en vidéo standard, ne pose aucun problème, ce qui n'est pas le cas dans le sens inverse. D'autre part, pour la production de spots commerciaux ou de billboards, les chaînes exigent dès maintenant, uniquement des masters au format HD. Si la source vidéo est en définition standard (SD) au format 16/9 ou 4/3, il faudra faire le "**up-conversion**" (agrandir l'image), et peut-être effectuer un recadrage. La qualité obtenue sera fonction de la qualité d'origine.

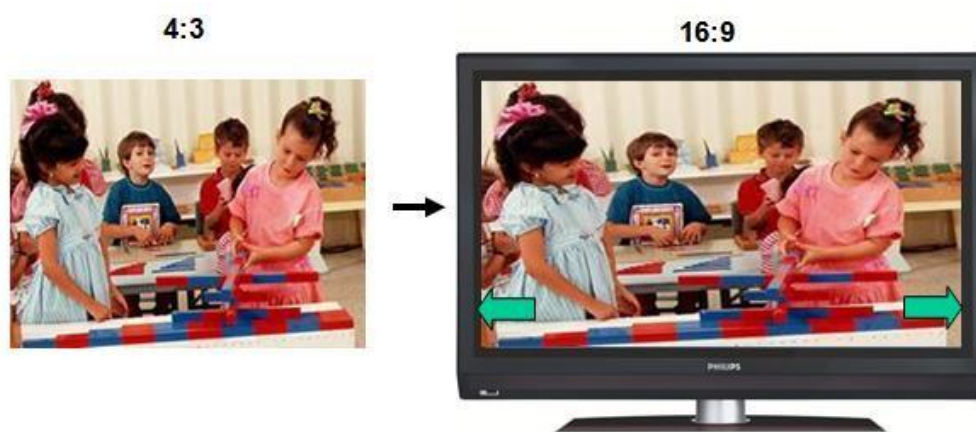


Figure 31 : Up-conversion par Elargissement (Stretch)

#### 3.6.2. Up-conversion SD/HD :

Il est extrêmement difficile de « up-converter » des images de télévision en Définition Standard (SD) en bonne qualité Haute Définition (HD). Cela implique un traitement d'image profond et un traitement mathématique en temps réel. Pourtant, l'up-conversion est maintenant une question centrale pour les opérateurs de radiodiffusion et de télévision. Les chaînes de diffusion haute définition ont besoin de convertir leurs archives, films, publicités existantes en définition standard dans un format HD et de les diffuser sur leur chaîne HD, tout en maintenant des images de haute qualité.

L'Up-conversion SD vers HD offre une qualité d'image meilleure à la réception en générant plus de pixels. Il peut se faire soit à l'émission ou à la réception :

- ❖ **A la réception en utilisant le set top box (STB) ou TV upscaler intégré :** les HDTV n'intègrent pas des bons upscalers à cause du coût en plus la transmission, la compression et l'encodage génèrent du bruit qui rend difficile la conversion pour atteindre de bons résultats.

- ❖ **A l'émission en utilisant des up-converters sophistiqués** : L'Up-conversion SD vers HD à l'émission utilise matériel coûteux et complexe qui emploie des algorithmes intelligents pour générer plus de pixels qui correspondent le mieux à l'image originale.



Figure 32 : Conversion SD (720x576) en HD (1280x720)

Entre la définition standard SD et la dernière définition 8K, il existe plusieurs autres définitions (HD, Ultra HD, 4K). Généralement, on associe la haute définition HD au format 720p/i (720x1280) pixels et 1080p/i (1080x1920) pixels. La figure suivante illustre le mécanisme d'up-conversion d'une ligne 720 pixels/ligne de la définition standard (SD 720x576) vers 1280 pixels/ligne de la haute définition (720p/i 1280x720) par interpolation :

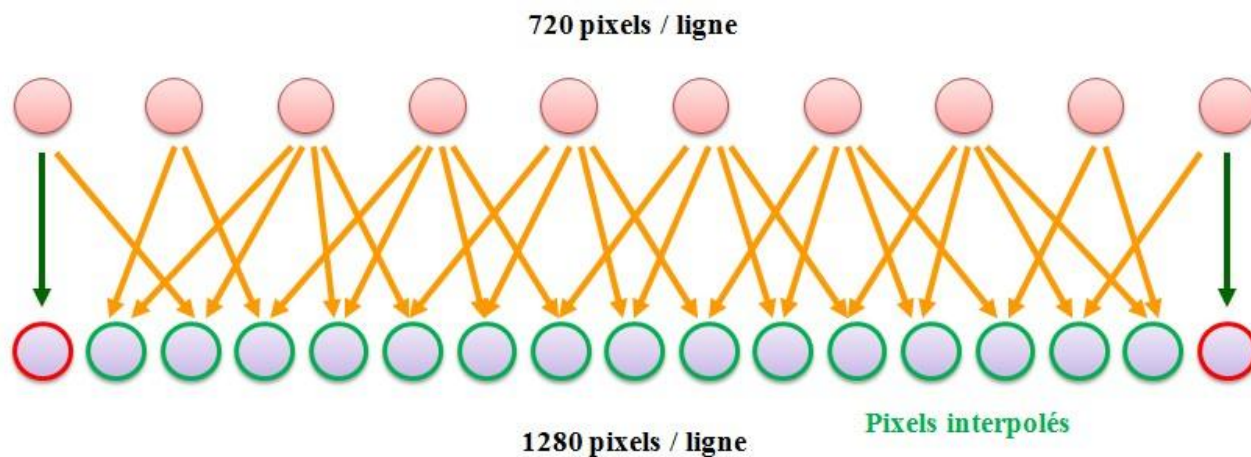


Figure 33 : Up-conversion d'une ligne 720 pixels/ligne vers 1280 pixels/ligne

L'up-conversion permet, à partir de 9 échantillons de SD de créer 16 échantillons de HD en horizontal. En effet, on peut calculer les rapports de conversion ainsi :

En vertical :  $720/576 = 5/3$ .

En horizontal :  $1280/720 = 16/9$ .

C'est-à-dire, il faut 3 lignes SD pour faire 5 lignes HD et 9 colonnes SD pour faire 16 colonnes HD.

### 3.6.3. SDI Up-converter IQUPC30 :

L'Up-converter IQUPC30 de Snell Group (**Figure 34**) offre une conversion des signaux vidéo numériques SD-SDI multi-débit. En utilisant le mouvement de haute qualité, le désentrelacement adaptatif et la technologie de mise à l'échelle de la souplesse, IQUPC30 est un module de conversion de qualité de diffusion capable de gérer des applications telles que la conversion ascendante du contenu SD sur des chaînes HD.

IQUPC30 comprend un synchroniseur d'image, capable de référencier du SD à deux niveaux ou HD à trois niveaux. La manipulation audio comprend le routage du canal audio, ajustement de retard et des contrôles de niveau.



**Figure 34 : SDI Up-converter IQUPC30 de Snell Group [15]**

#### **Caractéristiques :**

- ❖ Conversion de haute qualité pour les entrées vidéo SDI.
- ❖ Synchroniseur d'image HD à trois niveaux / SD à deux niveaux.
- ❖ Contrôle de routage de canal audio, de retard et de niveau.
- ❖ Options de traitement supplémentaires, y compris la réduction du bruit.
- ❖ Fonctions de traitement audio complètes permettent un contrôle complet des signaux audio embarqués pour les applications où le routage de canal, le contrôle de gain ou de délai sont nécessaires.
- ❖ Compatibilité de Rollcall et SNMP permet une intégration facile avec les systèmes gestion de réseau ou de fournir une solution de surveillance et de contrôle tout compris.

Le tableau suivant présente les ports d'entrée et de sortie du SDI Up-converter IQUPC30 de Snell Group :

<b>Entrées</b>	<b>SDI : 2x entrées SDI</b> <b>Fibre optique : Jusqu'à 2x entrées FO 270 Mbit/s SD-SDI</b>
<b>Sorties</b>	<b>SDI : Jusqu'à 5x sorties SDI</b> <b>Fibre optique : Jusqu'à 2x sorties FO 3 GBit/s HD-SDI, 1.485 Gbit/s HD-SDI ou 270 Mbit/s SD-SDI.</b> <b>Contrôle : 2x interface I/O Closing contact GPI.</b>

**Tableau 10 : Les entrées/sorties du SDI Up-converter IQUPC30 de Snell Group**

### 3.7. Gestion de réseau :

DataMiner est la solution de gestion réseau et OSS (Operational Support Systems) multifournisseur de bout en bout la plus avancée disponible pour le secteur de la diffusion radio et télé, des satellites, de l'IPTV et des réseaux HFC (Hybride Fibre Coaxial) large bande. Une interface permet de gérer tout l'écosystème opérationnel, peu importe le fournisseur et la technologie, avec pour résultats une réduction significative des dépenses d'exploitation et une qualité de service accrue [16].

Cette solution primée permet une intégration de bout en bout des écosystèmes techniques les plus complexes et a été déployée par des opérateurs de premier plan partout dans le monde.

La figure suivante présente un exemple d'interface du logiciel Dataminer pour la gestion d'un réseau d'une station terrestre :

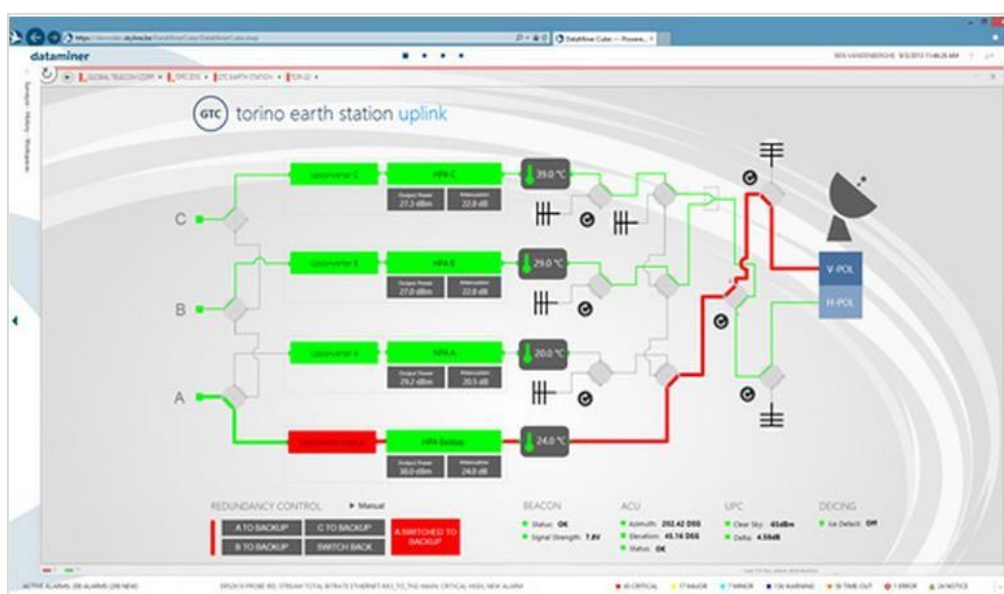


Figure 35 : Exemple d'interface de Dataminer [16]

En plus de la commande à distance, des capacités en matière de gestion des défaillances et des performances à profusion, DataMiner offre des solutions d'appoint encore plus avancées :

- ❖ Tableaux de bord et rapports.
- ❖ Traitement intelligent des alarmes.
- ❖ Automatisation des procédures opérationnelles les plus complexes.
- ❖ Passerelle de téléphonie mobile.
- ❖ Analyse de spectre.
- ❖ Gestion des inventaires et des ressources.
- ❖ Gestionnaire d'équipement des sites des clients.

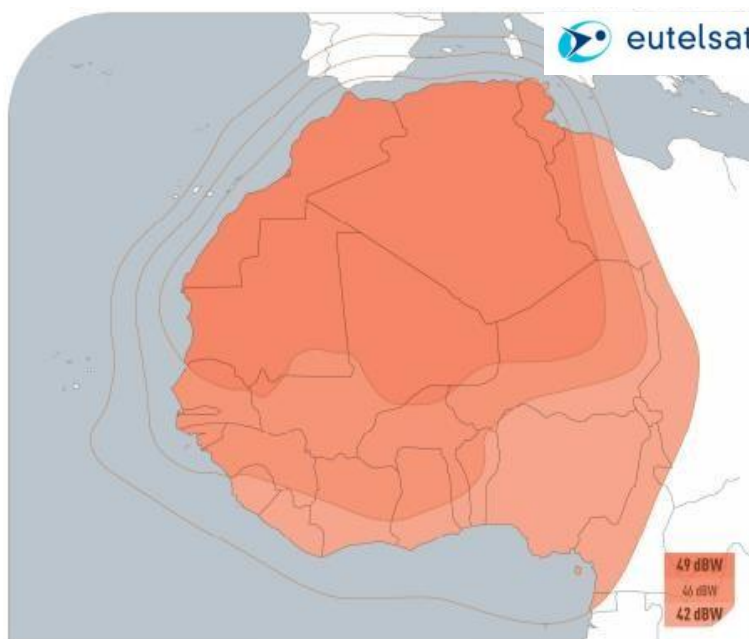
### 3.8. Opérateur satellite :

Eutelsat est un opérateur satellite qui a un grand savoir-faire acquis par la mise en œuvre de projets majeurs de distribution de TNT en Italie, en France, en Algérie, en Irlande, au Maroc et en Allemagne. Eutelsat s'efforce en permanence d'améliorer la technologie et d'étudier des solutions

qui rendent la DTH par satellite et l'alimentation de la TNT complètement transparentes avec une vaste expérience de toutes les technologies [17] :

- Réseaux SFN et MFN.
- DVB-T et DVB-T2, DVB-S ou DVB-S2, utilisation de technologies DVB-S2 Multistream et DTH-compatibles.
- Premier réseau SFN en DVB-T2 mis en place (Italie).
- Premier réseau complémentaire de TNT mis en place en bande Ka (Irlande).

La figure suivante illustre la zone de couverture Nord-Ouest du satellite Eutelsat 7WA :



**Figure 36 : Couverture Nord-Ouest d'Eutelsat 7WA [17]**

Caractéristiques du satellite Eutelsat 7WA :

- ❖ **Lancement** : Lancé le 24 Septembre 2011 et en opérations jusqu'au 04 Avril 2033.
- ❖ **Position orbitale** : 7°W.
- ❖ **Couverture** : Une large couverture MENA ainsi qu'une couverture Nord-Ouest.
- ❖ **Capacité dédiée** : 36 MHz.
- ❖ **Puissance** : 52 dBW.

Motivations de choix :

- ❖ La position 7°W-8°W est la plus capté au Maroc.
- ❖ Couverture 100 % du territoire marocain.
- ❖ Grande puissance de diffusion.
- ❖ Support de la technologie DTT+DTH.

## 4. Etude financière :

Une bonne évaluation financière du projet constitue une donnée essentielle, pour décider à concrétiser le projet. A ce stade, il s'agit de répondre aux questions suivantes :

- Combien coûtera la mise en place du projet ?
- Quels sont les moyens financiers qu'on peut mobiliser ?

### 4.1. Calcul du coût total du projet :

Dans la première étape du projet, seul 8 sites d'émission seront équipés pour diffuser la TNT. L'étude financière suivante est faite en respectant ces données :

- Nombre de sites à équiper : 8 Sites.
- Utilisation de la redondance : Pour le T2Gateway et le Modulateur.
- Formation : Pour 20 ingénieurs et techniciens.
- Coût OPEX : Pour la première année.

#### Coût d'investissement CAPEX :

Matériel					
Constructeur	Type d'équipement	Nom d'équipement	Prix unitaire (€)	Nombre	Total (€)
ENENSYS	T2 Gateway	T2 Gateway DTH	25000	2	50000
	Switch	ASI-IP-Guard	12000	1	12000
	Modulateur	Netmod II DTTV	15000	16	240000
SPECTRACOM	Adaptateur	T2 Edge DTH	20000	8	160000
	Synchroniseur GPS	EC20S Epsilon GPS Clock	16000	9	144000
SNELL GROUP	Up-converter	SDI Up-converter IQUPC30	1800	12	21600
<b>Total</b>					<b>627600</b>
Logiciel de gestion de réseau					Total (€)
Constructeur	Nom d'équipement	Prix unitaire (€)	Nombre de licences		Total (€)
SKYLINE	DataMiner	45000	1		45000
Installation					
Type d'installation				Prix par site (Dhs)	
Installation de la plateforme				150000	
Construction d'un site d'émission 5x4 m <sup>2</sup>				120000	
Pylône 30m + systèmes d'antennes omni 4 faces				400000	
Formation					
Coût de formation (Dhs)		30000 par personne			

Tableau 11 : Coût d'investissement CAPEX du projet

**Coût d'exploitation OPEX :**

Type de dépense	Coût annuel (Dhs)
Location du transpondeur Satellite (36 MHz)	11000000

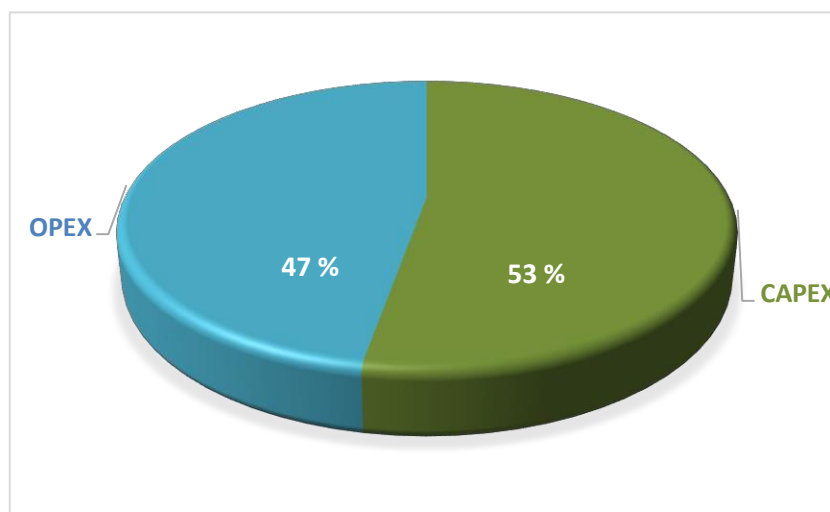
**Tableau 12 : Coût d'exploitation OPEX du projet**

**Coût total (TCO) :**

<b>CAPEX</b>	<b>12308600 Dhs</b>
<b>OPEX</b>	<b>11000000 Dhs/An</b>
<b>TCO = CAPEX + OPEX</b>	<b>23308600 Dhs</b>

**Tableau 13 : Coût total du projet**

La figure suivante présente la répartition des coûts CAPEX et OPEX nécessaires pour la réalisation de ce projet pour la première année de déploiement :



**Figure 37 : Répartition des coûts**

On remarque que le coût d'investissement CAPEX représente la plus grande partie du TCO. Généralement, le coût d'exploitation OPEX constitue la partie majoritaire du TCO avec un pourcentage de 70%-75%. Mais cela après quelques années après la mise en place complète de la plateforme.

**4.2. Financement du projet :**

Le coût de l'ASO (Analog Switch Off) varie d'un pays à un autre selon plusieurs paramètres comme les technologies adoptées et la couverture requise. Dans toutes les situations des ressources suffisantes sont à mobiliser par l'Etat pour :

- ❖ Le soutien aux éditeurs de services : Il vise à améliorer la qualité et l'offre TNT.
- ❖ Le soutien aux opérateurs réseaux : il permet à ces derniers d'assurer une couverture TNT au moins égale à celle de la TV analogique dans chaque région en phase de transition.



- ❖ Le soutien des activités de communication et de marketing.
- ❖ Le financement des adaptateurs TNT ou des aides aux foyers éligibles (foyers démunis ou se trouvant dans des zones d'ombre de la couverture TNT).

### 5. Feuille de route :

Une organisation et une planification bien pensées sont les clés du succès de tout projet, pour cela on définit une feuille de route pour la mise en place de la plateforme TNT HD « Maroc TNT Sat HD » de SOREAD 2M.

#### 5.1. Approche de mise en place de la plateforme TNT HD :

La mise en place de la plateforme TNT HD de SOREAD 2M va se faire en suivant ces étapes :

##### 1ère étape : Rédaction des cahiers de charge et lancement des appels d'offres.

Sur la base des discussions qui regroupent tous les acteurs susceptibles d'être intéressées par le projet où chacune d'entre eux peut apporter son avis et enrichir ainsi l'idée initiale du projet, une première définition du projet est élaborée par écrit en répondant aux questions suivantes : Quoi? Qui? Quand? Où? Comment? Combien?

L'élaboration d'un dossier écrit « Cahier de charge » permet de mieux définir le projet et d'en clarifier les contours comme identification au plus tôt les contraintes techniques, la charge de travail nécessaire, les moyens à mettre en œuvre et les coûts de mise d'œuvre.

##### 2ème étape : Réception des offres de service et prise de décision.

Suite à l'appel d'offre, les fournisseurs concernés répondent par des offres de services contenant les spécifications techniques, des délais et des coûts de mise en œuvre qui doivent respecter les exigences du cahier de charge de SOREAD 2M. Après l'étude de toutes les offres de service reçues une décision sera prise concernant l'admission de l'offre adaptée le mieux aux attentes du maître d'ouvrage.

##### 3ème étape : Réception du matériel.

Une fois le contrat signé entre SOREAD 2M et le fournisseur choisi, les équipements constituant la plateforme TNT seront réceptionnés et stockés dans le magasin de la direction Réseaux de SOREAD 2M.

##### 4ème étape : Formation des ingénieurs transmission.

La formation des ingénieurs et les techniciens du département transmission sur l'exploitation des équipements est indispensable avant l'étape d'installation de la plateforme, elle est assurée par des formateurs professionnels envoyés par le fournisseur.

##### 5ème étape : Etablissement du nouveau contrat de capacité satellite.

L'alimentation des sites d'émission TNT et les zones blanches par DTH nécessite l'allocation d'une capacité spectrale d'un satellite couvrant le Maroc.

### 6ème étape : Installation de la plateforme.

Après la réception du matériel, la formation des ingénieurs et des techniciens et l'allocation d'une capacité satellite, l'installation de la plateforme peut se faire à l'aide d'une société spécialisée comme CVS dans le cas de la plateforme MCPC.

### 7ème étape : Installation des stations d'émission.

Les sites d'émission de la télévision analogique de 2M réparties dans tout le territoire marocain doivent switcher vers la TNT en installant les équipements nécessaires.

### 8ème étape : Tests et stabilisation.

L'objectif de cette étape est la réalisation des tests de validation, des essais et la prévision des problèmes avant la publication officielle de la TNT HD.

### 9ème étape : Réalisation d'un bilan.

La dernière étape d'identification permet de rédiger le résumé de tous les faits importants, de recenser tous les problèmes liés à la qualité et de réaliser un bilan du projet.

Le tableau suivant présente les différentes étapes de la feuille de route de la réalisation du projet et la durée qui correspond à chacune.

Etapes	Durées en jours
<b>1<sup>ère</sup> étape : Rédaction des cahiers de charge et lancement des appels d'offres.</b>	<b>20</b>
<b>2<sup>ème</sup> étape : Réception des offres de service et prise de décision.</b>	<b>10</b>
<b>3<sup>ème</sup> étape : Réception du matériel.</b>	<b>5</b>
<b>4<sup>ème</sup> étape : Formation des ingénieurs transmission.</b>	<b>6</b>
<b>5<sup>ème</sup> étape : Etablissement du nouveau contrat de capacité satellite.</b>	<b>3</b>
<b>6<sup>ème</sup> étape : Installation de la plateforme.</b>	<b>30</b>
<b>7<sup>ème</sup> étape : Installation des stations d'émission.</b>	<b>30</b>
<b>8<sup>ème</sup> étape : Tests et stabilisation.</b>	<b>10</b>
<b>9<sup>ème</sup> étape : Réalisation d'un bilan.</b>	<b>10</b>
<b>Durée total</b>	<b>114 jours</b>

Tableau 14 : Etapes de la mise en place de la plateforme et durées

## 5.2. Cadre juridique :

Le processus de transition n'est pas une simple question de technologie. Pour que la transition se fasse en douceur, il convient de résoudre un certain nombre de problèmes d'ordre réglementaire et administratif. Compte tenu des délais qui nous séparent de la date buttoir (17 juin 2015), la tâche la plus urgente consiste à préparer et adopter le cadre juridique encadrant la télévision numérique terrestre :

- Les modalités nécessaires à la transition analogique numérique : Durée de la transition, date de début, date de fin, le plan avec les étapes de transition etc.
- Les entités responsables du pilotage des différentes opérations de suivi de réalisation des étapes du plan de transition analogique/numérique, de communication et de marketing, etc.
- Les modalités de financement des différentes opérations : dotations supplémentaires aux opérateurs de réseaux et éditeurs de services, aides, campagnes de communication, etc.
- Les adaptateurs TNT doivent être disponibles en quantité suffisante et en prix abordable pour satisfaire la demande des téléspectateurs.

Au niveau de la HACA, l'inventaire des aspects devant être encadrés par le nouveau cadre juridique régissant la télévision numérique terrestre est en préparation. Les éléments suivants sont donnés à titre d'exemple.

### 6. Conclusion :

A travers ce chapitre, on a présenté la nouvelle solution de transmission DTH et DVB-T2 OneBeam développée par ENENSYS en réalisant une étude technique pour déterminer les équipements nécessaires et ses caractéristiques et une étude financière pour estimer le coût du projet ainsi que les moyens de financement. Finalement une feuille de route pour l'implémentation de cette solution est proposée.

# Conclusion générale

Durant le présent projet de fin d'études, on nous a été confié la mission, au sein de l'équipe du département de transmission au sein de SOREAD 2M, d'étudier et mettre en place une plateforme de transmission par satellite en haute définition et la Télévision Numérique Terrestre TNT HD. Pour cela, notre travail a été décomposé en 4 étapes majeures. La première avait pour but d'étudier l'état d'art au niveau des systèmes de radiodiffusion satellitaire et terrestre numérique au Maroc avant de réaliser un Benchmarking des solutions DVB-T/T2 commercialisées dans le marché mondial dans la deuxième étape. La dernière étape présente une solution DTT+DTH qu'on propose pour la mise en place de la plateforme TNT HD de 2M en déterminant les motivations de ce choix à travers l'étude technique et financière réalisée pour cette solution.

Ce travail avait pour objectif :

- L'étude des plateformes de transmission satellitaire et terrestre existantes.
- La proposition d'une solution pour la mise en place d'une plateforme TNT en qualité HD.
- Réalisation d'une étude technique et financière et feuille de route pour le déploiement de cette solution.

L'élaboration de ce travail m'a permis, d'une part, d'approfondir les connaissances et le savoir-faire acquis durant les années de ma formation à la faculté des sciences et techniques de Fès, et d'autre part, de préparer mon intégration à la vie professionnelle et de me situer sur le marché des télécommunications.

Le travail que j'ai réalisé pourrait être complété et poursuivi sous différents aspects, notamment :

- Intégration d'une solution en DVB-T2 Lite pour la réception mobile.
- Introduction de la régionalisation dans le réseau DVB-T2 SFN pour les contenus régionaux.
- Ajout des services Data comme le HbbTV et l'EPG.
- Sécurisation des supports de la transmission spatiale.

# Bibliographie

- [1] [https://itunews.itu.int/fr/2371- Passage- de- la- television- analogique-a-la-television-numerique. note.aspx](https://itunews.itu.int/fr/2371-Passage-de-la-television-analogique-a-la-television-numerique.note.aspx), 09/03/2015 à 15h20.
- [2] Ahmed Ghazali Président de la HACA Maroc, Présentation « Introduction de la TNT au Maroc » Slide 4, Arusha, 15 décembre 2011.
- [3] [https://www.thomson-networks.com/en/system/files/documentation/th-vn\\_dvbt-t2\\_brochure\\_cdt\\_-5105d-4.pdf](https://www.thomson-networks.com/en/system/files/documentation/th-vn_dvbt-t2_brochure_cdt_-5105d-4.pdf), 30/03/2015 à 10h40.
- [4] [http://www.enensys.com/uploaded/ENENSYS\\_DVB-T2\\_in\\_confidence.pdf](http://www.enensys.com/uploaded/ENENSYS_DVB-T2_in_confidence.pdf), 04/04/2015 à 18h10.
- [5] Jean-Michel Mercier Directeur de préventes EMEA & APAC, Présentation « ATEME Solutions for DVB-T2 » Slides 10-11, Novembre 2014.
- [6] [http://www.telecomino.com/PDF/DTT\\_Solutionspaper.pdf](http://www.telecomino.com/PDF/DTT_Solutionspaper.pdf), 12/04/2015 à 14h30.
- [7] [http://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl\\_downloads/dl\\_common\\_library/dl\\_brochures\\_and\\_datasheets/pdf\\_1/AVHE100\\_bro\\_en\\_5214-6397-12\\_v0300.pdf](http://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/AVHE100_bro_en_5214-6397-12_v0300.pdf), 18/04/2015 à 09h50.
- [8] Denis Hagemeyer Product Management Headend Systems, Présentation « Introduction to the DVB Headend Rohde & Schwarz AVHE100 » Slides 3-30-32, 05 Mars 2014.
- [9] [http://www.enensys.com/uploaded/ENENSYS\\_OneBeam\\_Datasheet.pdf](http://www.enensys.com/uploaded/ENENSYS_OneBeam_Datasheet.pdf), 26/04/2015 à 11h00.
- [10] [http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS\\_T2GatewayDTH\\_Data sheet .pdf](http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS_T2GatewayDTH_Data sheet .pdf), 01/05/2015 à 20h00.
- [11] [http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS\\_ASIIPGuard\\_Data sheet .pdf](http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS_ASIIPGuard_Data sheet .pdf) 02/05/2015 à 10h10.
- [12] [http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS\\_T2EdgeDTH\\_Data sheet .pdf](http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS_T2EdgeDTH_Data sheet .pdf), 02/05/2015 à 12h30.
- [13] [http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS\\_NetMod-DTTV\\_Datasheet.pdf](http://www.enensys.com/uploaded/Documents/Datasheets/ENENSYS_NetMod-DTTV_Datasheet.pdf), 02/05/2015 à 16h00.
- [14] <http://www.spectracomcorp.com/Desktopmodules/Bring2Mind/DMX/Download.aspx?EntryId=287&PortalId=0>, 03/05/2015 à 10h50.
- [15] <http://www.snellgroup.com/documents/brochures/modular-infrastructure/IQUPC30.pdf>, 04/05/2015 à 12h20.
- [16] <http://www.dataminer.co/fr>, 10/05/2015 à 11h55.
- [17] Wadiaa Levalet « Eutelsat SNRT-SOREAD » Slide 6, 21 Novembre 2014.